



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



POROVNÁNÍ STÁVAJÍCÍCH METODIK PRO TESTOVÁNÍ RYCHLOSTI SCHNUTÍ U PLETENIN

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 – Textil
Studijní obor: 3107R007 – Textilní marketing
Autor práce: **Monika Vitásková**
Vedoucí práce: Ing. Tereza Heinisc





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering

COMPARISON OF EXISTING METHODS TO TEST THE SPEED OF KNITS DRYING

Bachelor thesis

Study programme: B3107 – Textil
Study branch: 3107R007 – Textile marketing - textile marketing
Author: **Monika Vitásková**
Supervisor: Ing. Tereza Heinisch



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Monika Vitásková**
Osobní číslo: **T11000372**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Textilní marketing**
Název tématu: **Porovnání stávajících metodik pro testování rychlosti schnutí u pletenin**
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zpracujte rešerši na rychleschnoucí textilie a metodiky pro hodnocení rychlosti schnutí.
2. Navrhněte experiment pro porovnání jednotlivých metodik. Zaměřte se především na různé rychlosti proudění.
3. Na základě výsledků experimentu jednotlivé způsoby měření vyhodnoťte a porovnejte. Navrhněte způsob testování vhodný pro praktické využití.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

HEMZAL, Karel. Přenosové jevy v technice prostředí. 2.vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. ISBN 80-01-02924-4

HES, Luboš a SLUKA, Petr. Úvod do komfortu textilií. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. 109 s. ISBN 80-7083-926-0

HOLEČEK, Oldřich. Sušení [online]. Praha: Ústav chemického inženýrství, 2011 [cit. 10.3.2013]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/uchi/ped/labchi/S.pdf>
ISO 11092, 1993. Textiles - Physiological effects: Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test). Switzerland: International organization for standardization.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tereza Heinisch


Katedra hodnocení textilií

Datum zadání bakalářské práce:


1. října 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

19. května 2014


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




doc. Ing. Vladimír Bajžák, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 3. března 2014

Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní
Katedra hodnocení textilií



V Liberci 6.5.2014

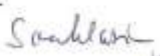

Žádost o změnu termínu odevzdání bakalářské práce

Žádám o změnu termínu odevzdání bakalářské práce na školní rok z května na prosinec 2014
Důvod odkladu: doděláné testy k bakalářské práci.

Děkuji za vyřízení


.....
Monika Vitásková

Vyjádření vedoucího práce: 


Vyjádření vedoucího katedry: 


Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych ráda poděkovala především vedoucí mé bakalářské práce paní ing.

Tereze Heinisch, za odbornou pomoc, rady a připomínky týkající se práce, ochotu
a trpělivost.

Mé poděkování patří také firmě Triola za poskytnutí vzorků a detailních údajů pro mou
práci.

V neposlední řadě děkuji mé rodině a přátelům, kteří mě podporovali po dobu celého
studia.

ANOTACE

Bakalářská práce je zaměřená na porovnání metodik pro testování rychlosti schnutí pletenin. V teoretické části je zaměřena na popis používaných syntetických vláken, termofyziologický komfort, přenosové jevy a na teorii sušení. Také se zmiňuje o stávajících metodikách pro měření rychlosti schnutí pletenin. V experimentální části práce jsou popsány testované vzorky a porovnány metodiky pro rychlost schnutí pletenin. Následuje vyhodnocení testování pomocí grafů. Cílem práce je navrhnout vhodný způsob testování rychlosti schnutí pro firmu Triola.

KLÍČOVÁ SLOVA:

rychlost schnutí pletenin, syntetická vlákna, Permetest, proudění, metodiky sušení

ANOTATION

Comparison of existing methods to test the speed of knits drying
The Bachelor's thesis is focused on comparison of methods for testing the speed of knits drying. The theoretical part is focused on description of the synthetic fibers, thermo-physiological comfort, transport phenomena and theory of drying. It also mentions the existing methods for measuring the speed of drying. In the experimental part of the Bachelor's thesis, test samples are described and methods to test the speed of knits drying are compared. An evaluation of the tests using graphs follows. The aim is to propose a suitable way of testing speed of drying for the company Triola.

KEY WORDS:

speed of knits drying, synthetics fibers, Permetest, convention, drying methods

Seznam použitých zkratek

c	rychlost světla ve vakuu	PL	polyester
cm	centimetr	PP	polypropylen
d	rozměr objektu	PU	polyuretan
D_c	difuzní koeficient [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	P_{we}	parciální tlak v okolí [%]
D_p	difuzivita [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]	P_{wsat}	parciální tlak na povrchu [%]
EUUF	extrémně ultrafialové záření	q	tepelný tok [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]
f	frekvence	R_{CL}	tepelný odpor [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}$]
g	gram	R_e	Reynoldsovo číslo
K	Kelvin	R_{et}	výparný odpor [$\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}$]
kg	kilogram	RTG	rentgenové záření
L	výparné teplo vody	s	sekunda
m	metr	tab.	tabulka
m^*	hustota toku vlhkosti [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]	tzv.	tak zvaný
m_c	hmotnost suchého materiálu	T_o	teplota vlhkosti materiálu
m_v	hmotnost vody	t_p	počáteční teplota
mg	milligram	UV	ultrafialové záření
min	minuta	ν	dynamická viskozita tekutiny [m^2/s]
ml	mililitr	ν	rychlost [m/s]
mm	milimetr	W	watt
Pa	Pascal	W^*_A	rovnovážná vlhkost
PA	polyamid		

W_{AC} kritická vlhkost

W_w relativní hmotnostní zlomek

β součinitel přenosu hmoty
konvekcí

$^{\circ}\text{C}$ stupeň Celsia

% procenta

δ tloušťka

φ relativní vlhkost [%]

λ měrná tepelná vodivost [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$]

λ vlnová délka [μm]

Obsah

Úvod	11
TEORETICKÁ ČÁST	12
1. Rychleschnoucí textilie	12
1.1 Syntetická vlákna	12
1.1.1 Polyamid	12
1.1.2 Polyester	14
1.1.3 Polypropylen	16
1.1.4 Polyuretan	17
1.1.5 Polyetylén	18
1.1.6 Polyakrylonitril	19
1.2 Používaná speciální vlákna	19
1.2.1 CoolMax	20
1.2.2 CoolDry	20
1.2.3 CoolPlus	21
1.2.4 Micra	21
1.2.5 Supplex	21
1.2.6 ThermoCool	22
1.2.7 ThermoLite	23
1.3 Navlhavost vláken	23
2. Termofyziologický komfort	25
2.1 Tepelný odpor	25
2.2 Výparný odpor	25
3. Přenosové jevy	26
3.1 Přenos tepla	26
3.1.1 Přenos tepla kondukcí	26
3.1.2 Přenos tepla konvekcí	26
3.1.3 Přenos tepla radiací	27
3.2 Přenos vlhkosti	27

3.2.1 Přenos vlhkosti difuzí	28
3.2.2 Difuze vodních par ve vzduchu	29
3.2.3. Přenos vlhkosti konvekci.....	29
4. Teorie sušení.....	30
4.1 Jednotlivé fáze sušení	30
5. Dostupné metodiky pro hodnocení rychlosti schnutí u textilií	33
5.1 AATCC Test Method 199-2011	33
5.1.1 Účel a použití normy	33
5.1.2 Terminologie	33
5.1.3 Princip sušení.....	34
5.1.4 Přístroje a materiály.....	34
5.1.5 Postup	35
5.2 JIS L 1096: 1999 – Drying speed	35
5.2.1 Metoda A	35
5.2.2 Metoda B.....	35
5.3 Moisture management tester.....	36
5.3.1 Princip přístroje	36
6. Studie článku na testování doby sušení.....	37
6.1. Testování doby sušení podle Raechel M. Laing	37
PRAKTICKÁ ČÁST	40
7. Testované materiály.....	40
7.1 Firma Triola	40
7.1.1 Historie firmy	40
7.2 Testované vzorky	41
8. Porovnání dostupných metodik pro testování rychlosti schnutí	45
9. Návrh experimentu	47
9.1 Měření s prouděním vzduchu $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	47
9.2 Druhé měření s prouděním vzduchu $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	48
9.3 Třetí měření s téměř nulovým prouděním vzduchu	48
9.4 Podmínky měření.....	48
9.5 Použité přístroje	48

9.5.1 Permetest	49
9.5.2 Analytické váhy AS RADWAG	50
10. Vyhodnocení experimentu	51
11. Návrh způsobu testování pro firmu Triola.....	58
Závěr	59
Seznam zdrojů a použité literatury	61
Seznam obrázků	63
Seznam tabulek	65

Úvod

V dnešní době, kdy je velice kladen důraz na komfort a dobrou kvalitu produktu, je pro firmu stěžejní, aby zákazníkovi poskytla co nejvyšší možnou kvalitu svého výrobku. Aby se požadavkům zákazníků vyhovělo, musí se pro tyto účely stanovit takové testovací metody, které podají jasné výsledky o kvalitě výrobku či naopak.

Rychleschnoucí textilie jsou hitem poslední doby díky důrazu na termofyziologické vlastnosti. Rychlost schnutí je však vlastnost, která není snadno měřitelná, jelikož dostupné metodiky a normy přesně nespecifikují klimatické podmínky testování a rychlost proudění. Přitom právě rychlost proudění vzduchu je jedním z významných parametrů, které významně ovlivňují dobu sušení.

Cílem bakalářské práce je navrhnout experiment pro porovnání jednotlivých metodik pro měření rychlosti sušení u pletenin. U experimentu bude důležité se zaměřit především na různé rychlosti proudění a navrhnout nejlepší možný způsob tohoto měření pro firmu Triola pro běžné použití.

Teoretická část práce se zabývá popisem pojmů souvisejících s tématem. Jde především o popis syntetických a speciálních vláken, která jsou používána pro rychleschnoucí textilie. Dále také popis termofyziologického komfortu, přenosových jevů a teorie sušení. V poslední řadě budou v práci popsány stávající metodiky pro testování rychlosti sušení pletenin.

V praktické části bude přiblížena zmíněná firma Triola a použité vzorky. Následuje popis navrhovaného experimentu, podmínky měření a vyhodnocení. V poslední části budou popsány použité přístroje a metodiky. Výsledkem práce bude navržena vhodná metoda pro účely praktického testování rychlosti schnutí.

TEORETICKÁ ČÁST

1. Rychleschnoucí textilie

Rychleschnoucí textilie, většinou pleteniny, se vyznačují především rychlým odvodem vlhkosti z povrchu vláken. Většinou se jedná o vlákna syntetická, která se vyznačují minimální navlhavostí.

Dalším parametrem je také průřez vlákna, proto je většina rychleschnoucích textilií zhotovená z tvarovaných vláken. Čím větší povrch vlákna, tím lepší odvod potu a vlhkosti z povrchu pokožky. [1]

Tyto textilie jsou užitečné zejména v horkém podnebí a také samozřejmě při intenzivním sportovním tréninku. [2]

1.1 Syntetická vlákna

Syntetická vlákna jsou vlákna tvořená ze syntetických polymerů, která nahrazují vlákna přírodní. Základem je dvou, tří nebo čtyř funkční monomer. [3]

Představují nejdůležitější skupinu vláken, jde u nich záměrně měnit jejich chemické složení, geometrii i strukturu. Lze je rozdělit na vlákna polyamidová, polyesterová, akrylová, modakrylová, polypropylenová a ostatní vlákna s uhlíkatým řetězcem. [3]

Mezi výhody syntetických vláken patří jejich pevnost, nemačkovost a pružnost. Také se vyznačují odolností proti plísním a molům. Oproti přírodním vláknům jsou rychleschnoucí. K nevýhodám patří jejich hořlavost, malé pohlcování potu, vznik statické elektřiny a nedostatečné propouštění vzduchu a vody. [4]

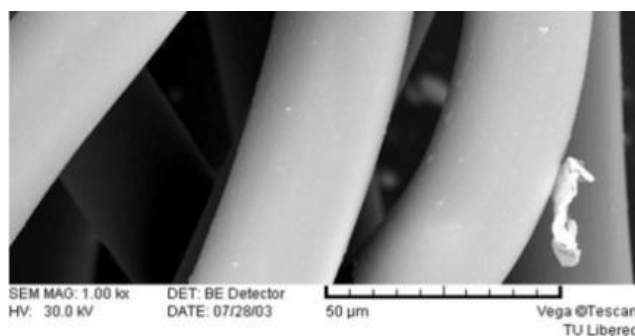
1.1.1 Polyamid

Polyamidová vlákna s označením PA, se svou chemickou podstatou přibližují vlně (obrázek 1 a 2). Polyamid 6 se vyráběl v České republice pod názvem Silon. Byl objeven v roce 1938, průmyslově se začal vyrábět až roku 1942. Polyamid 6.6 známý jako Nylon byl vynalezen roku 1935 a od roku 1939 začala jeho průmyslová výroba. Původní patent na Nylon patří firmě DuPont. Tyto dva zmíněné typy

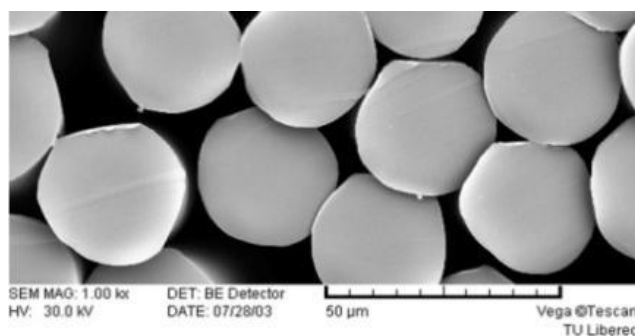
polyamidových vláken patří mezi nejrozšířenější, neplatí však mezi jediná polyamidová vlákna. [4]

Výroba polyamidu se uskutečňuje tavením polymeru ve formě granulí, dále zvlákňováním do šachty, kdy tvar trysek určuje konečný tvar vlákna. Vlákna také mohou mít díky různé velikosti trysek různou jemnost. Poslední částí výroby je dlužení, a to buď za studena v proudícím vzduchu, nebo za mokra. [5]

Použití: časté směsování s jinými vlákny. Využívá se na výrobu dámských punčochových kalhot (silonky), dekoračních textilií a přízí. [6]



Obrázek 1: Podélný řez polyamidového vlákna [5]



Obrázek 2: Příčný řez polyamidového vlákna [5]

Výhody vlákna:

- tvarová stabilita
- vysoká pružnost
- nejvyšší odolnost v oděru
- malá bobtnavost

- termoplasticita
- dobrá barvitelnost
- nejvyšší navlhavost ze syntetických vláken
- snadná údržba
- odolnost proti plísním a molům [3][6]

Nevýhody vlákna:

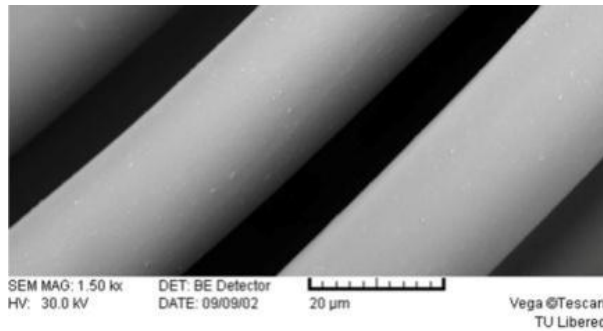
- malá odolnost vůči zvýšeným teplotám
- degradace na světle – žloutne
- nižší odolnost vůči kyselinám
- vznik statického náboje
- nízká navlhavost [3]

1.1.2 Polyester

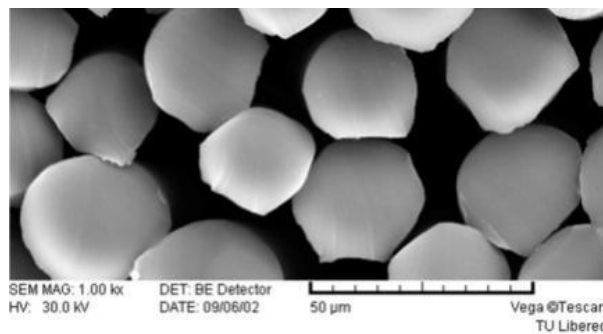
Polyester, s označením PL, patří mezi nejpoužívanější vlákna (obrázek 3 a 4). Vláknem bylo vyvinuto ve 40. letech 19. století. Vyrábí se jako stříž nebo ve formě nekonečných vláken. Svým tvarem a povrchem mají polyesterová vlákna napodobit vlákna přírodní. Polyester zvyšuje tuhost výrobku a snižuje jeho mačkavost. Vláknem je prakticky bez sorpce, snadno podlehne vzniku elektrostatického náboje. [4][6]

Pro získání polyesterového vlákna se nejprve musí připravit polymer. Ten se připraví esterifikací kyseliny tereftalové a etylénglykolu. Poté následuje zvlákňování do šachty, dloužení za studena nebo za mokra, fixace, aviváž a řezání. [5]

Použití: Využívá se téměř ve všech typech textilních a technických výrobků, kromě podšívkovin a punčoch, buď jako 100% vlákno nebo ve směsích. Vláknem se dá modifikovat dle použití. Samozhášecí polyesterové vlákno s názvem Trevira CS se používá pro bytové textilie. [6]



Obrázek 3: Podélný řez polyesterovým vláknem [5]



Obrázek 4: Příčný řez polyesterovým vláknem [5]

Výhody vlákna:

- pevnost za sucha i za mokra
- odolnost vůči oděru
- termoplasticita
- tvarová stabilita
- dobrá termická odolnost – 200°C
- lepší odolnost vůči UV záření než PA
- dobrá odolnost vůči chemikáliím
- snadná údržba, rychlé schnutí [3]

Nevýhody vlákna:

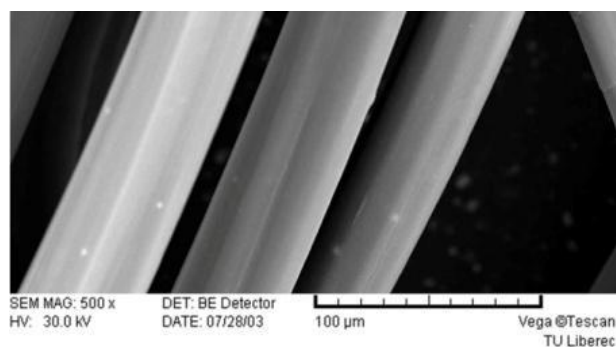
- vysoká žmolkovitost
- nízká navlhavost
- nabíjení elektrostatickou elektřinou
- hydrofobnost (špatné sorpční vlastnosti)
- drsný omak [3][5]

1.1.3 Polypropylen

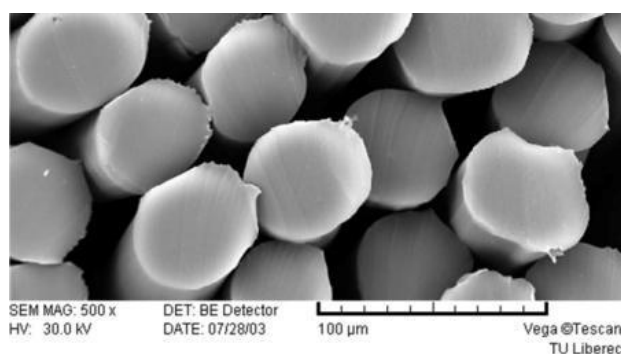
Polypropylen se řadí k nejběžnějším syntetickým vláknům, díky snadné výrobě. Polypropylen, se zkratkou PP (obrázek 5 a 6), se začal vyrábět okolo roku 1956 a jeho průmyslová výroba se vztahuje k roku 1960. Díky snadné výrobě nachází vlákno široké využití. Vlákná jsou kruhového průřezu. [6]

Výroba klasickým způsobem má následující postup: zvlákňování z taveniny, následuje chlazení v dlouhé šachtě a dloužení. Výroba probíhá polymerací propylenu s využitím Ziegel – Nattových katalyzátorů. Vlákná se zvlákňují z polymeru do šachty pomocí trysek nebo do vodní lázně. [3]

Použití: Využívá se pro výrobu sportovních oděvů, technických textilií pro stavebnictví, agrotexilií, geotexilií, obalových materiálů, koberců, netkaných textilií pro zdravotnictví a hygienické výrobky. [6]



Obrázek 5: Příčný a podélný řez polypropylenovým vláknem [5]



Obrázek 6: Příčný řez polypropylenovým vláknem [5]

Výhody vlákna:

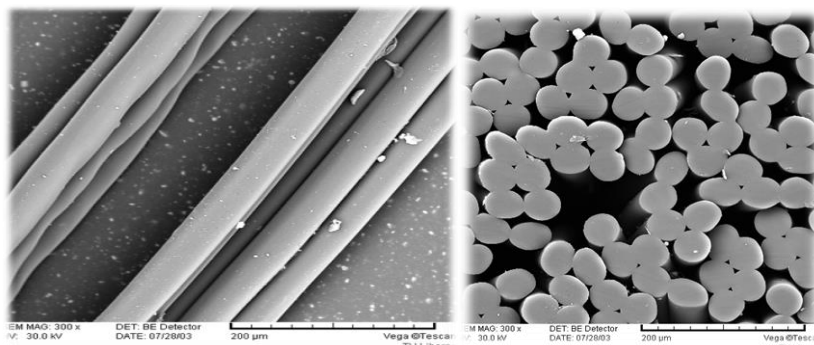
- nenavlhavý materiál
- vysoká pevnost
- odolnost v oděru
- snadná tvarovatelnost
- trvanlivost
- snadná formovatelnost
- výborná odolnost vůči chemikáliím
- nízká úroveň elektrostatického náboje [3]

Nevýhody vlákna:

- pomalé zotavení
- nízká tepelná odolnost
- nepříjemný voskovitý omak
- malá tuhost
- nízká barvitelnost, barvení pouze ve hmotě [3]

1.1.4 Polyuretan

Polyuretanová vlákna, zkratka PU (obrázek 7), nahradila zcela vlákna pryžová. Vyrábějí se ve formě nekonečného vlákna, velice výjimečně ve formě stříže. Je to vlákno z makromolekul složených z řetězců s opakující se uretanovou skupinou. Nejznámější označení je Lycra a Elastan. [6]



Obrázek 7: Polyuretanové vlákno [5]

Použití: Nekonečná vlákna opředená vlákny bavlněnými, viskóзовými nebo polyamidovými vlákny, například pro spodní prádlo, pružné tkaniny, sportovní oděvy, plavky, zdravotnické textilie apod. [6]

Výhody vlákna:

- vysoká pružnost

Nevýhody vlákna:

- ztrácí pevnost v chlorované vodě
- snadno hoří [6]

1.1.5 Polyetylén

Vlákno se vyrábí z polymeru, který se zvlákňuje přes trysky a následně se dlouží. Tomuto zvlákňování se také říká gelové, jelikož filamenty mají želatinový vzhled. Tato technologie byla vynalezena roku 1957.

Polyetylenová vlákna mají vysokou pevnost v tahu, dobrou odolnost vůči UV záření a chemikáliím a vyznačují se svou lehkostí. Jejich navlhavost je nulová a velmi obtížně se řežou. Nejčastější použití je pro technické textilie. [7]

Výhody vlákna:

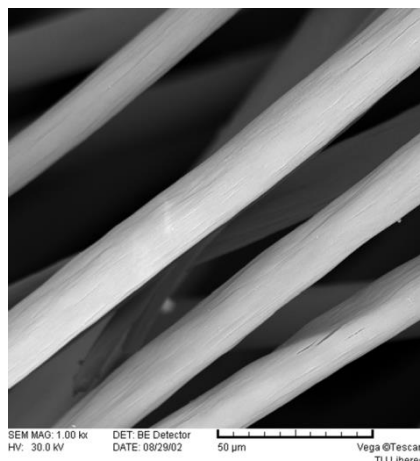
- chemická odolnost
- možnost využití v medicíně
- dobrý izolant

Nevýhody vlákna:

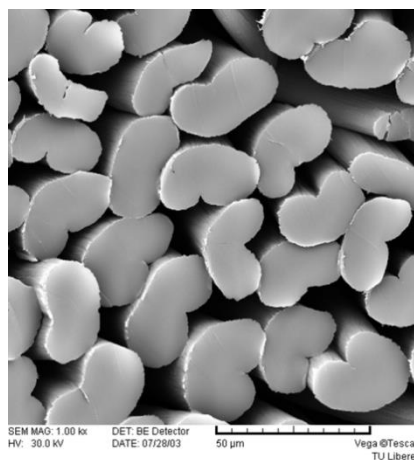
- barvení pouze ve hmotě
- snadno hoří
- velice srážlivé [6]

1.1.6 Polyakrylonitril

Polyakrylonitrilová vlákna (obrázek 8 a 9), také zkráceně akrylová, jsou omakově velice podobná vlně. Často se proto směšují s vlnou, nebo je jimi vlna zcela nahrazena.



Obrázek 8: Podélný řez polyakrylonitrilovým vláknem [5]



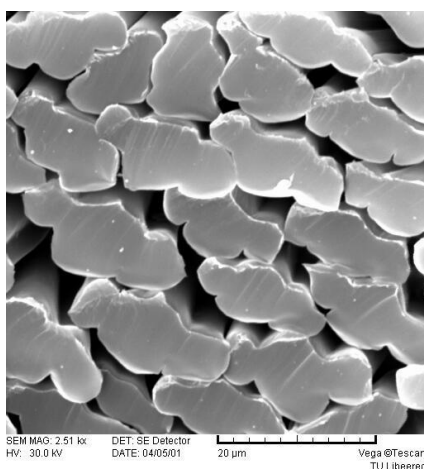
Obrázek 9: Příčný řez polyakrylonitrilovým vláknem [5]

1.2 Používaná speciální vlákna

Speciální vlákna jsou syntetická vlákna se specifickým tvarem průřezu. Díky specifickému tvaru nabývají speciálních vlastností. Díky těmto vlastnostem mají různé využití.

1.2.1 CoolMax

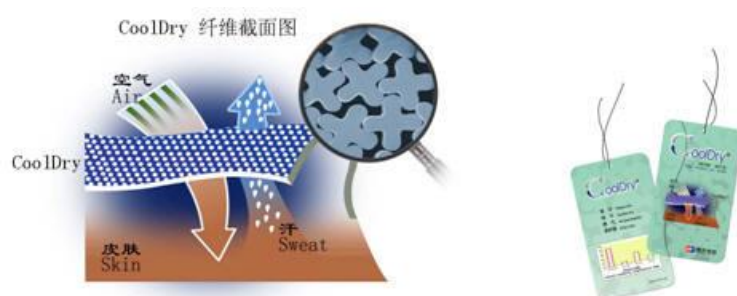
CoolMax je syntetické vlákno. Je to vysoce technické vlákno tvořené z čtyřkomorových polyesterových vláken Dakron, registrované pod firmou Invista. Jeho tvarovaný průřez je pro něj charakteristický. Díky profilu vlákna (obrázek 10) dokáže pojmout více vlhkosti a díky jeho většímu povrchu dokáže vlhkost i efektivně odpařit a udržet tělo v optimální teplotě. Zároveň je specifické nízkou nasákavostí a rychlým schnutím. Úplet z vláken CoolMaxu je lehký, jemný a dobře paropropustný. Nepodléhá plísním, odolává pachům a je nenáročný na údržbu. [8]



Obrázek 10: Průřez vlákna CoolMax [5]

1.2.2 CoolDry

Speciální čtyřlaločné polyesterové vlákno CoolDry (obrázek 11), které díky rychlému odvodu potu z vnitřní strany materiálu udržuje tělo v suchu a optimální teplotě. Díky křížovému průřezu vlákna se zvětšila plocha vlákna a tím se zvětšila i jeho odpařovací plocha. Vlákno se vyznačuje prodyšností, paropropustností a rychlým schnutím.[9][10]



Obrázek 11: Ukázka funkce vlákna CoolDry [11]

1.2.3 CoolPlus

CoolPlus, vlákno vyráběné z polyesteru nebo nylonu, je charakteristické rychlým odvodem vlhkosti od pokožky pomocí kapilár. Jeho tvar, který vytváří maximální plochu, přispívá k rychlejšímu odpařování vlhkosti. Využívá se v mnoha odvětvích, např. sport, zdravotnictví atd. [12]

1.2.4 Micra

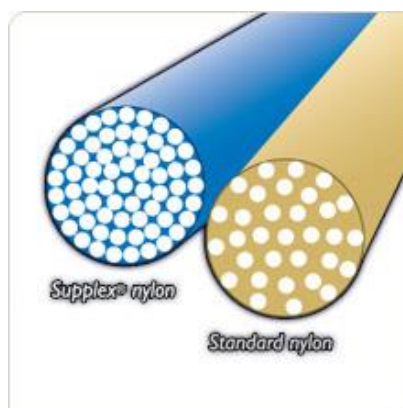
Vlákno Micra je polyesterové vlákno speciálního tvaru, se zvýšenou plochou povrchu, což má za účinek rychlejší odvod vlhkosti bez absorpce do vlákna. Funkce vlákna Micra je vidět na obrázku 12. [13]



Obrázek 12: Ukázka funkce vlákna Micra [13]

1.2.5 Supplex

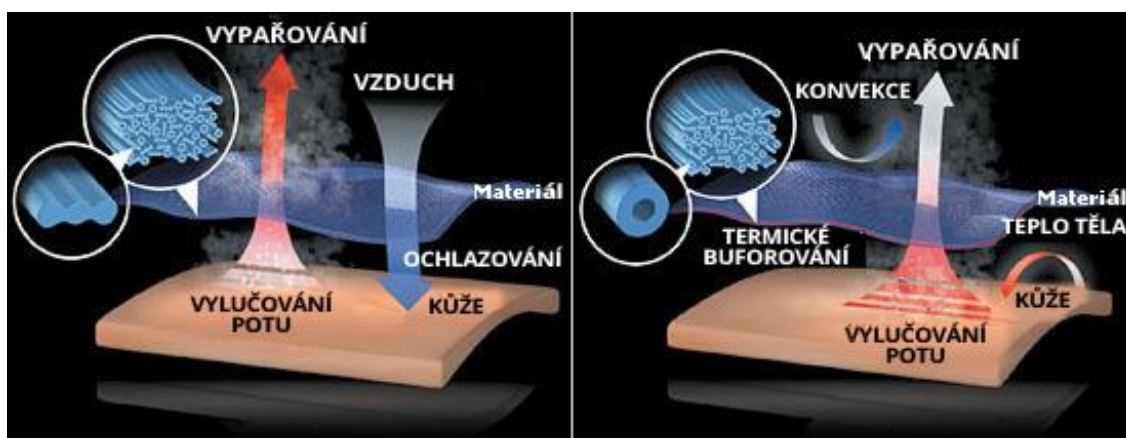
Příze Supplex (obrázek 13) je vyráběna z většího počtu velmi jemných polyamidových vláken, která zaručují velmi rychlé schnutí a snadnou údržbu. Supplex je registrovanou obchodní značkou firmy DuPont. Tento speciálně vyvinutý rychleschnoucí polyamid, napodobující bavlnu, se vyznačuje vysokou stálobarevností, odolností proti srážlivosti a příjemným omakem. Mezi další vlastnosti patří prodyšnost, odolnost vůči pachům, větru a také vodě. [8][9]



Obrázek 13: Porovnání vlákna Supplex a Nylonu [14]

1.2.6 ThermoCool

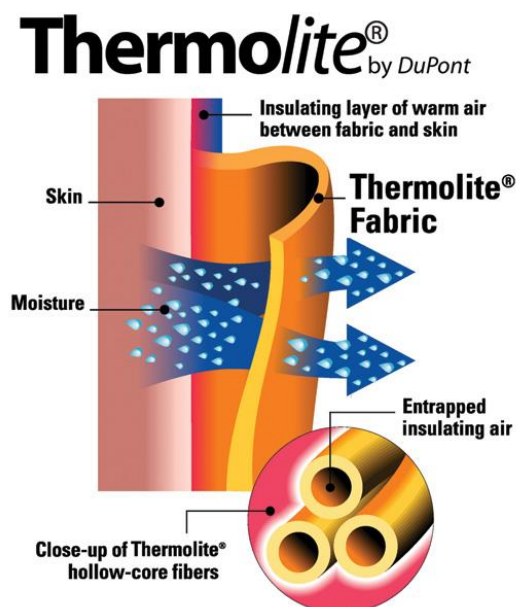
Je vlákno vyvinuté firmou Advansa na základě jejich technologických zkušeností s modifikovanými syntetickými vlákny. Jedná se o směs dutých vláken, která jsou opletena vlákny s kanálkovým povrchem. Vlákno se vyznačuje hřejivou vlastností, pokud je tělo v chladu a naopak tělo ochlazuje, pokud se přehřívá. Ukázka jeho funkce je zobrazena na obrázku 14. [15][10]



Obrázek 14: Ukázka funkce vlákna ThermoCool při vysoké aktivitě (vlevo) a při nízké aktivitě (vpravo)[15]

1.2.7 ThermoLite

Toto syntetické vlákno, je speciálně vyvinuté duté polyesterové vlákno (obrázek 15). ThermoLite je registrovaný pod firmou Invista. V Evropě, na středním východě a v Africe má výhradní práva na značku společnost Advansa. Vlákno má výbornou schopnost odvádět pot od pokožky na vnější stranu, kde je následně vlhkost odpařována. Vyniká svými termoizolačními schopnostmi, dlouhodobým uchováním vlastností a rychlostí schnutí. Schopnost vlákna ThermoLite schnout je až o 50% vyšší než u bavlny. [8]



Obrázek 15: Ukázka funkce vlákna ThermoLite [8]

1.3 Navlhavost vláken

Navlhavost, neboli hygroscopicita, je schopnost vlákna přijímat z okolí vlhkost. Význam má jak při zpracování vlákna, tak i hygienický (sání potu). Schopnost přijímat vlhkost se liší u každého materiálu, z toho důvodu je stanovena dovolená vlhkostní přírážka neboli uzanční vlhkost, se kterou se materiál prodává, viz tab. 1. Ta je dána normou, která se udává v procentech z čisté hmotnosti zcela suchého materiálu. [3]

Tabulka 1: Vlhkostní přírážky vláken [3]

Vlákno	Vlhkostní přírážka [%]
Bavlna	8,5
Juta	13,75
Konopí	12
Len	12
Přírodní hedvábí	11
Polyamid 6	6,25 stříž 5,75 hedvábí
Polyakrylonitril	2
Polyester	1,5 stříž 3,04 hedvábí
Polypropylén	0,1
Viskóza	13
Vlna	15 – 18,25

2. Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort vyjadřuje stav tepelné pohody. Tepelné pohodlí nastává v podmínkách, kdy organismus nemusí regulovat teplotu lidského organismu, nedochází tedy k termoregulaci. Za normálního prokrvení organismu nedochází k pocení a také nenastává pocit chladu. Základními vlastnostmi jsou tepelný a výparný odpor. Tyto faktory jsou vlastnosti specifické pro jakékoliv textilní plošné útvary nebo kompozity. [16]

Hodnocení termofyziologického komfortu se dá uskutečnit pomocí přístrojů, které přesně charakterizují daný fyzikální jev. První možností hodnocení je takové, které nemá přímý vztah k podmínkám uskutečňujícím se v systému pokožka – oděv – prostředí. Druhou možností je měření s podmínkami blízkými fyziologickému režimu lidského těla. Protože druhá varianta hodnotí termofyziologický komfort věrněji, její použití v posledních letech převažuje. [16]

2.1 Tepelný odpor

Je výsledek přenosu tepla kondukcí, konvekcí a radiací. Jedná se o rozdíl teplot mezi dvěma povrchy materiálu určen výsledným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Velikost tepelného odporu se odvíjí od míry přispění každé složky k celkovému přenosu tepla. Čím má textilie větší tloušťku, tím má vyšší tepelný odpor, protože je schopna udržet více tepla. Označujeme ho R_{CL} v jednotkách m^2K/W . [17]

2.2 Výparný odpor

Výparný odpor označuje výsledek přenosu vodních par difuzí, kapilárně a sorpcí. Značí rozdíl tlaku vodních par mezi dvěma povrchy materiálu vydělený výparným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Jeho velikost je tedy závislá na velikosti vlhkostního gradientu, což znamená rozdíl parciálních tlaků vodních par na povrchu pokožky a ve vnější vrstvě a paropropustnosti oděvu pro vodní páry. Rozlišujeme celkový výparný odpor oděvu a výparný odpor přilehlé mezní vrstvy vzduchu. Značí se jako R_{et} a jednotkou je m^2Pa/W . Čím je výparný odpor nižší, tím je paropropustnost pro vodní páry vyšší. [17]

3. Přenosové jevy

Přenosové jevy jsou velmi často vyskytujícím se jevem. Zahrnují přenos hybnosti, tepla a hmoty. Tyto jevy jsou spojeny za prvé s pohybem molekul, u tuhých látek je to kondukce, v neproudících tekutinách difúze. Za druhé s pohybem makročástic, buďto laminární konvekce nebo turbulentní konvekce. A za třetí jsou spojeny s přenosem tepla neboli radiací. [18]

3.1 Přenos tepla

Přestup tepla mezi živými organismy a okolím se uskutečňuje následujícími způsoby: kondukcí (vedením), konvekcí (prouděním) a radiací (zářením).

3.1.1 Přenos tepla kondukcí

Kondukcí rozumíme přenos tepla vedením. Tímto způsobem ztrácíme až 5 % tepla pomocí chodidel, sezení, ležení a doteky. Kondukce se uskutečňuje v tenkých vrstvách v oděvních systémech. Proces funguje na bázi předávání kinetické energie, což znamená, že teplota okolí musí být nižší než teplota těla. Pokud bude rozdíl teplot mezi tělem a okolím vyšší, tím rychlejší bude přenos tepla vedením. Proces je závislý jak na rozdílu teplot, tak na tloušťce vrstvy přilehlého materiálu, množství statického vzduchu v oděvu a na vnějším pohybu vzduchu. [16]

3.1.2 Přenos tepla konvekcí

Konvekcí neboli prouděním je teplo transportováno částicemi tekutin, které se pohybují rychlostí v [m/s]. V procesu se vytváří tzv. tepelná mezní vrstva o tloušťce δ nacházející se mezi objektem a proudícím prostředím. Při laminárním prostředí je tloušťka mezní vrstvy vyšší, u turbulentního proudění je tomu naopak. U turbulentního proudění je přenos tepla intenzivnější, než při proudění laminárním. Turbulentní proudění nastává tehdy, je-li Reynoldsovo číslo Re vyšší než 2300. Reynoldsovo číslo je definováno vztahem (1):

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad [-] \quad (1)$$

d rozměr objektu [m]

ν dynamická viskozita tekutiny [m^2/s]

3.1.3 Přenos tepla radiací

Radiace neboli záření nevyžaduje žádné hmotné prostředí. Záření se šíří prostorem o rychlosti $c = 300\,000\,000 \text{ m/s}$. Představuje tedy elektromagnetické vlnění šířící se prostorem s vlnovým charakterem o vlnové délce λ , které lze přiřadit frekvenci záření f . Podle vlnových délek lze záření rozdělit na: gama záření (nejkratší vlnové délky), rentgenové záření (RTG), extrémní ultrafialové záření (EUV), ultrafialové záření (UV), optické, infračervené, submilimetrové, mikrovlnné a radiové záření. [16]

Zářivá energie se mění zpět na tepelnou buď průchodem jiných těles, nebo odrazem. Pokud záření na povrch tělesa dopadne, můžou nastat tři situace: odrazení od tělesa, prostoupení tělesem nebo pohlcení objektem. Lidské tělo může také přijímat či vydávat teplo pomocí radiace. Tento přenos je závislý na teplotě okolního prostředí, vlhkosti a odhalení. Pokud je teplota okolí nižší než teplota těla, hovoříme o výdeji tepla. [16]

3.2 Přenos vlhkosti

Přenos vlhkosti je děj, který se uskutečňuje prouděním nebo vedením ve formě vodní páry. Je to děj, při kterém nastává předávání vlhkosti z míst o vyšší realitní vlhkosti do míst o nižší relativní vlhkosti. K tomuto přenosu dochází pomocí molekulární difuze a konvekce. Přenosem vlhkosti je také přímo ovlivněn přenos tepla, který tento děj doprovází. [16]

Hnací silou přenosu vlhkosti je rozdíl mezi nasyceným parciálním tlakem na povrchu p_{wsat} [Pa] a parciálním tlakem v okolí p_{we} [Pa]. Opačným poměrem těchto parametrů vynásobeným 100 bychom pak dostali relativní vlhkost ϕ [%]. [16]

Při dostatečném gradientu hnací síly se odparem vlhkosti m^* [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$] odvede z povrchu tepelný tok q [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$] dle rovnice (2), kde l značí výparné teplo vody, které má při teplotě 20°C hodnotu $2,4 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. [16]

$$q = m \cdot l \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (2)$$

3.2.1 Přenos vlhkosti difuzí

Jednou z možností přenosu vlhkosti je difuze. Difuzi chápeme jako proces, při kterém dochází k samovolnému pronikání částic jedné látky mezi částice látky druhé toho samého skupenství, pokud jsou uvedeny do vzájemného styku. V tomto procesu se tedy jedná o rozptylování částic v prostoru nebo jiném médiu. Všechny částice mají tendenci přecházet z prostředí, které má vyšší koncentraci do prostředí o nižší koncentraci. [18]

Jednotlivé částice molekul se neustále pohybují, tzn., že neustále kmitají kolem svých rovnovážných poloh. Tento pohyb se nazývá Brownův. Částice se pohybují různými směry a různými rychlostmi, což zajišťuje neuspořádanost pohybu. S rostoucí rychlostí částic také stoupá teplota látky a naopak. [18]

Částice tedy mají tendenci rozptylovat se do celého prostoru a postupně vyrovnávat svou koncentraci ve všech jeho částech. Říkáme, že látky difundují. [18]

U plyných látek z důvodu vysoké kinetické energie probíhá difuze nejrychleji. Částice nějakého plynu se prolínají s plynem, který byl v prostoru původně. Difuze probíhá do té doby, než dojde k vyrovnání koncentrace. Je závislá na čase a teplotě. Pomalejší difuze je u kapalin. U tuhých látek, kdy do tuhé látky nejlépe difundují látky plyné, je difuze nejpomalejší. [18]

3.2.2 Difuze vodních par ve vzduchu

Difuze má základní význam pro molekulární přenos vlhkosti. Hustotu toku vlhkosti vyjadřuje tzv. 1. Fickův zákon (3). 1. Fickův zákon se týká obousměrné difuze, kdy vodní pára difunduje do míst s nižším parciálním tlakem par a vzduch obráceně. [16]

Hustota toku vlhkosti m^* [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$] je přímo úměrná difuznímu koeficientu neboli difuzivitě D_p [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$] a gradientu parciálního tlaku. Na místo gradientu parciálního tlaku může být použit i gradient koncentrace hmotnosti (množství vody ve vlhkém vzduchu) a difuzní koeficient D_c [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]. Protože je hodnota difuzivity D_c pro obě difundující složky, vzduch i vodní páru, stejná, hovoříme o ní jako o difuzi binární. Ovšem hodnota D_p je pro obě složky různá kvůli odlišnosti plynové konstanty. Poměr difuzivity D_p vlhkosti a D_p vzduchu je cca 0,622. [18]

$$m^* = - D_p \cdot \frac{\Delta p_{\text{parc}}}{\Delta x} = - D_c \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3)$$

3.2.3. Přenos vlhkosti konvekci

Konvektivní přenos vlhkosti je složitý děj, stejně jako je tomu u přenosu tepla. Jako u přenosu tepla prouděním u Newtonova zákona je třeba využít experimentálně zjištěné součinitele přenosu vlhkosti z kritériálních rovnic. Hustotu toku vlhkosti lze tedy spočítat podle rovnice (4). [16][18]

$$m^* = \beta p \cdot (p_{\text{WSAT}} - p_{\text{WE}}) = \beta c \cdot (c_{\text{WSAT}} - c_{\text{WE}}) \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (4)$$

4. Teorie sušení

Sušení označuje děj, při kterém je odstraněna kapalina z materiálu. Nejčastěji se setkáváme s odstraňováním vody z materiálu odpařováním do proudu předeřátého vzduchu. Podstatou tohoto procesu je přechod vlhkosti z kapalné do plynné fáze, tzv. difuze. [19]

Při tomto ději současně dochází ke sdílení tepla a hmoty. Během děje přechází voda obsažená v materiálu, z povrchu do proudu vzduchu. Děj je nazývaný jako děj vnější. Pokud je dosaženo gradientu vlhkosti v materiálu, bude poté nastávat difuze vody uvnitř materiálu směrem k jeho povrchu. Tento děj se nazývá vnitřní difuze. Poměr hmotnosti vlhkosti v určitém objemu daného vzduchu v určitém objemu nazýváme relativní vlhkost vzduchu. Vzduch, který se používá pro sušení, obsahuje zhruba 30 až 75 % relativní vlhkosti. Celková rychlost sušení je určena rychlostí pomalejšího z dějů. [19]

Vlhký materiál můžeme považovat za binární směs absolutně suché pevné látky a vody. Koncentraci vlhkosti v materiálu vyjádříme pomocí vzorce jejího relativního hmotnostního zlomku (5), kde označuje m_A hmotnost vody a m_C hmotnost suchého materiálu. [19]

$$W_W = \frac{m_V}{m_C} \quad [-] \quad (5)$$

Z hlediska odstranitelnosti dělíme vlhkost na volnou a na neodstranitelnou. Volnou vlhkost lze odstranit v daných podmínkách. Vlhkost neodstranitelná, neboli rovnovážná, zůstává v materiálu i při nekonečně dlouhém sušení materiálu. [19]

4.1 Jednotlivé fáze sušení

Celý děj sušení můžeme rozdělit na tři části, neboli tři období. Jako W_0 označíme počáteční vlhkost materiálu a teplotu vlhkého materiálu označíme jako T_0 . Vlhký materiál je uveden do kontaktu s proudem vzduchu o vyšší teplotě, než je teplota materiálu a s koncentrací vlhkosti ve vzduchu menší, než je velikost koncentrace vlhkosti na povrchu materiálu, hned na začátku děje. [19]

- Počáteční období:

Teplota materiálu se začne měnit z teploty počáteční t_p na teplotu mokrého teploměru a zároveň se z povrchu začne odpařovat vlhkost. Koncentrace vody v materiálu začne klesat a hybné síly dějů, sdílení tepla a hmoty, budou nenulové. Tento děj bude probíhat na úseku křivky sušení od bodu A do bodu B, znázorněné na obrázku 16. Proces ohřívání materiálu se bude zpomalovat díky odpařování vody z povrchu, jelikož se z ohřívání spotřebovává teplo dodávané ze sušícího vzduchu. Toto období je poměrně krátké. [19]

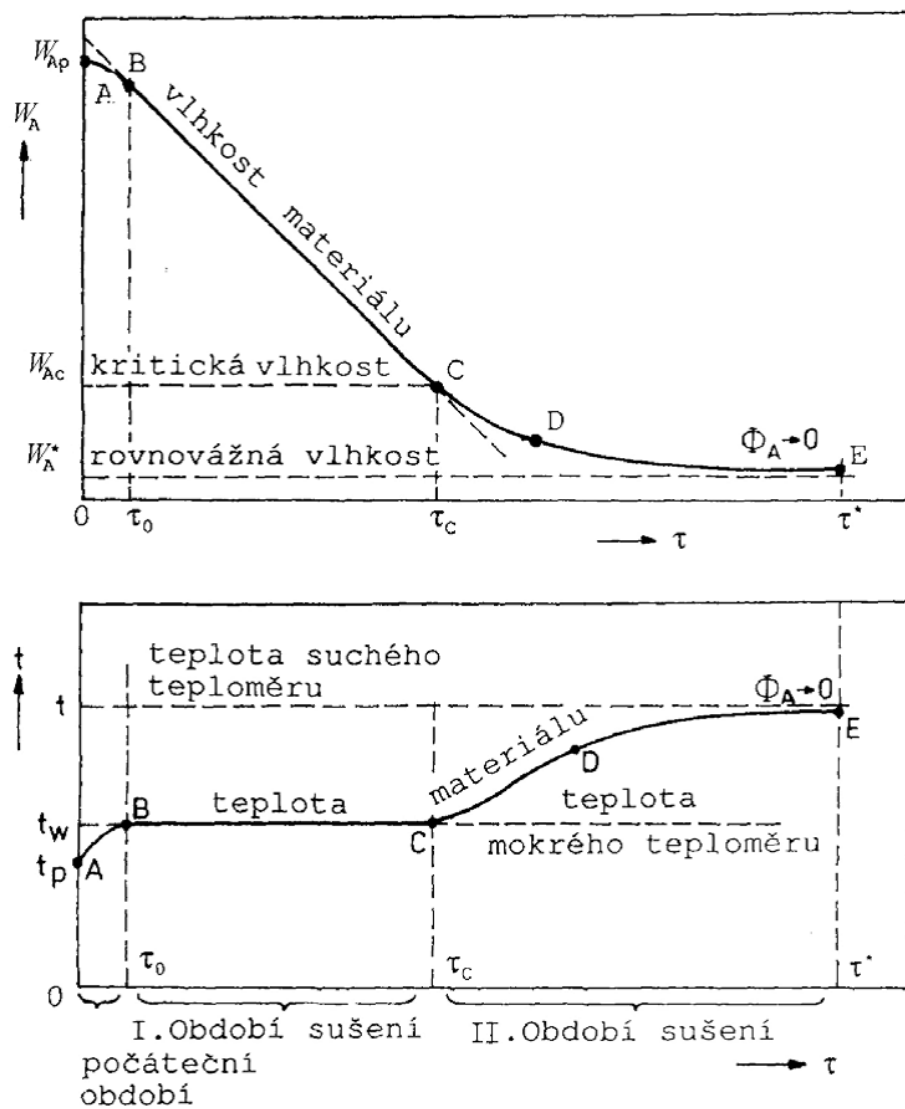
- I. období sušení (období konstantní rychlosti sušení)

V bodě B dosáhl povrch materiálu teploty mokrého teploměru. Teplota materiálu zůstává stejná. Na odpařování nevázané vody je spotřebovované teplo, které je dodávané sušícím vzduchem. Přecházíme z bodu B do bodu C křivky sušení na obrázku 16. Hodnota vlhkosti materiálu je rovna kritické vlhkosti W_{AC} . V tomto období závisí rychlost sušení na teplotě, vlhkosti a hmotnostním průtoku vzduchu. Zároveň ale nezávisí na druhu, výšce vrstvy a okamžité vlhkosti materiálu. [19]

- II. období sušení (období klesající rychlosti sušení)

V momentě, kdy je dosaženo bodu C na křivce sušení z obrázku 16, přestane celý povrch materiálu pokrývat vrstva kapaliny. Do styku se vzduchem se tak dostávají první částice pevného materiálu a rychlost sušení se začíná snižovat. V bodě B je vidět, že se teplota materiálu zvýší díky jeho ohřívání. Hybná síla děje klesá. Sdílení hmoty se zpomaluje, protože dráha difundující páry je složitější a tím je odpor proti difuzi větší. [19]

Materiál dosáhne teploty sušícího vzduchu v bodě E. Vlhkost materiálu je v tomto bodě prakticky rovna rovnovážné vlhkosti W^*_A . Děj sdílení tepla a hmoty se zastavuje. K tomu dochází, protože materiál nelze v daném prostředí více vysušit. Dosažení rovnováhy by tedy trvalo nekonečně dlouhou dobu. [19]



Obrázek 16: Graf jednotlivých fází sušení [19]

5. Dostupné metodiky pro hodnocení rychlosti schnutí u textilií

Pro měření doby sušení dnes existuje několik metodik. Tyto metodiky ovšem nejsou nijak přesně specifikované přesnými podmínkami pro měření tak, aby podle nich bylo možné opakovaně měřit materiály s reprodukovatelnými výsledky.

Na vývin a rozšíření standardní testovací metody na rychlost sušení vynaložilo úsilí mnoho výrobců z oboru textilu.

5.1 AATCC Test Method 199-2011

Drying Time of textiles: Analyzátor vlhkosti

Tato zkušební metoda vznikla v Americe. V roce 2008 byly publikovány neoficiální techniky pro stanovení vysoušecích vlastností textilií. Poté byla vydána norma nová, s názvem: Drying Time of textiles, která bude objasněna v další kapitole. [20]

5.1.1 Účel a použití normy

Tato metoda je určena pro měření doby sušení pro tkané, pletené i netkané textilie. Měření je prováděno pomocí tzv. Gravimetrického analyzátoru vlhkosti. Sušení se dá provádět při teplotách stimulující lidskou pokožku nebo oblast použití testované textilie. [20]

5.1.2 Terminologie

Doba sušení N – je potřebný čas na stanovení množství tekutiny odpařené z materiálu za kontrolovaných podmínek pro zkoušku. Podle suchosti vzorku je stanovené množství vody. Pomocí analyzátoru jsou řízeny a kontrolovány zkušební podmínky. [20]

Koncový bod N – označuje bod ukončení sušení testu. Může to být buď původní suchá hmotnost testovaného vzorku, nebo jiná dohodnutá hodnota. Hmotnost +4 % vlhkosti. [20]

Zadržování vlhkosti – označuje procento zadržování vlhkosti vzorku po ponoření do deionizované vody po dobu jedné minuty a zavěšené ve svislé poloze po dobu pěti minut v řízeném prostředí. [20]

Test strany N-side – lící nebo rubová strana vzorku. Na tuto stranu je nanášeno zkušební množství vody a je umístěna na analyzátoru vlhkosti vrchní stranou. [20]

Ztráta hmotnosti – je rozdíl mezi hmotností nasyceného vzorku a vzorku po sušení. [20]

5.1.3 Princip sušení

Textilní vzorek je po navlhčení sušen při dané teplotě a to do té doby, než dosáhne koncového bodu sušení. Vlhčení vzorku se provádí ponořením do deionizované vody a to po dobu 1 minuty. Následně je vzorek vertikálně zavěšen po dobu 5 minut a sušen. [20]

Metoda je použitelná pouze na materiálech, které lze dle normy (AATCC TM 79 – savost textilií) označit jako savé. Metoda se dá využít pro porovnávání vlastností zadržování vlhkosti nezušlechtěné oproti textilií zušlechtěné, také k porovnání vlastností zadržování vlhkosti u textilií s přísadou a bez ní. [20]

5.1.4 Přístroje a materiály

Pro testování jsou potřeba následující pomůcky: analyzátor vlhkosti s topným tělesem, destilovaná voda, vertikální stojánek s držáky na zavěšení vzorku, pinzeta, kádinka o objemu 400ml, síťka, podložka pro umístění sítky a vzorku, elektronická pipeta, počítač se softwarem pro zaznamenávání dat. Z každého materiálu je nutné si připravit 10 vzorků kruhového tvaru o průměru 70 ± 1 mm. [20]

Nejprve se testované vzorky klimatizují podle normy ASTM D 1776. Následně je zapnut analyzátor vlhkosti, který se nastaví na 37°C a čeká se 30 minut. Dalším krokem je zvážení všech vzorků, které se pak ponoří do kádinky s destilovanou vodou pomocí pinzety. Vzorek se máčí po dobu jedné minuty, po uplynutí této doby se vzorek uchytí na vertikální stojánek, kde bude volně schnout 5 minut. Vzorek se poté zváží a zaznamenají data. Rozdíl mezi těmito dvěma hmotnostmi udává procentuální zvlhčení vzorku materiálu. [20]

5.1.5 Postup

Vzorek na podložce se umístí do komory analyzátoru. Musí se umístit tak, aby na vrchní straně byla strana zkušební. Pomocí elektronické pipety se na vzorek nanese dané množství vlhkosti. Na horní stranu vzorku se umístí druhá síťka a spustí se analyzátor se softwarem, je-li k dispozici. Test je automaticky ukončen analyzátozem nebo softwarem a to tehdy, je-li dosaženo konečného koncového bodu sušení. Tento postup se opakuje u všech měřených vzorků. Vyhodnocuje se celková doba sušení. [20]

V normě jsou uvedeny již otestované textilie dle této normy, ale není u nich uvedena plošná hmotnost, pouze jejich chemické složení a doba sušení, která byla zjištěna. [20]

5.2 JIS L 1096: 1999 – Drying speed

Norma, která vznikla a používá se v Asii. Výchozím bodem jsou asijské normy, tzv. JIS normy. [21]

5.2.1 Metoda A

Pro tuto metodu se používá jednoduchý přístroj založený na měření hmotnosti vzorku v průběhu sušení. Na jednoduchý aparát je zavěšen vzorek o rozměrech 40 x 40 cm. Tento aparát zaznamenává průběh sušení pomocí grafu. Měření probíhá za standardních podmínek, přičemž není zajištěna konstantní rychlost proudění okolního vzduchu. Měření se provádí postupně na třech vzorcích. Nejprve jsou vzorky ponořeny do vody o teplotě $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, ze které jsou po určité době vyndány a zavěšeny na aparát. V době, kdy se hmotnost vzorku nemění, nastává konec měření. Poté se vypočítá průměrná hodnota ze všech tří měření. [21]

5.2.2 Metoda B

Metoda B se od předešlé metody A liší především tvarem zkušebních vzorků, vzorky mají $202,5 \text{ cm}^2$. Liší se také zařízením odečítajícím hmotnost. Vzorky jsou zváženy, poté ponořeny do vodní lázně o teplotě 20°C po dobu 3 nebo více hodin. Následné

zvážení vzorků probíhá 10 minut po vytažení z lázně a zjistí se množství volné vlhkosti v textilií. Počítá se průměrná hodnota ze dvou vzorků.

Vzorek je zavěšen do zkušebního zařízení. V zařízení je upevněna váha, která je schopna měřit s přesností 10 – 20 mg. Sleduje se postupné ubývání vlhkosti ze vzorku. Konečný bod měření zde bohužel není blíže specifikován. [21]

5.3 Moisture management tester

Je přístroj pro měření a sledování vlhkosti. Slouží k měření dynamického šíření vlhkosti v textilních materiálech ve třech možných rozměrech. Těmi jsou savost, schopnost jednosměrného přenosu vlhkosti a rychlost šíření /vysychání. Savost je brána jako doba pohlcování vlhkosti tkaninou z rubové i lícové strany. Schopnost jednosměrného přenosu vlhkosti znamená jednosměrný přenos vlhkosti z rubové na lícovou stranu textilie. Rychlost šíření/vysychání je rychlost šíření vlhkosti na rubové i lícové straně textilie. Přístroj je však vhodný především pro přírodní materiály. [22]

5.3.1 Princip přístroje

Přístroj slouží ke zkoušení vlastností managementu vlhkosti u textilií. Součástí přístroje jsou horní a dolní soustředně umístěná čidla vlhkosti, mezi které se při měření vkládá textilie. [22]

Na zkoušenou textilii se aplikuje syntetický pot, neboli předem stanovené množství zkušebního roztoku. Ten se aplikuje na horní stranu textilie. Následně se sleduje šíření daného roztoku materiálem ve třech směrech:

- Šíření roztoku na horní straně směrem k vnějším okrajům
- Přenos roztoku tkaninou z horní strany na spodní
- Šíření roztoku na spodní straně textilie k vnějším okrajům [22]

6. Studie článku na testování doby sušení

Vzhledem k nejednotnosti norem vzniká mnoho studií zabývajících se touto tematikou. Protože není pevně stanovený způsob sušení a jeho podmínky, vznikají nesrovnalosti. Jendou ze studií je práce profesorky Laing, která se zabývá rychlostí doby sušení. [23]

6.1. Testování doby sušení podle Raechel M. Laing

Profesorka Raechel M. Laing se v článku soustředuje na problematiku rychlosti schnutí textilií. Zmiňuje, že nyní nejsou vhodné metody pro vlhčení vzorků a určení času chybí. Máme mnoho typů vláken, od syntetických po přírodní a každá mají odlišnou schopnost schnutí. Metody uvedené v práci prof. Laing jsou vhodné pro širokou oblast oděvních materiálových struktur, jak jednoduchých tak vícevrstvých textilií. [23]

Autorka doporučuje dva způsoby pro stanovení konečného bodu sušení. První je stanoven tak, že zvýšení hmotnosti vzorku nebude vyšší než 2 % nad hmotností klimatizované tkaniny před zavlhčením. Druhý způsob vychází z rovnovážného stavu horké desky. U obou způsobů není potřeba lidský faktor pro určení suchosti vzorku. [23]

Na autorčin experiment bylo vybráno celkem 17 vzorků s různým chemickým složením, různou strukturou a s různou plošnou hmotností. Všechny vzorky byly klimatizovány dle normy BS EN ISO 139:2005 při teplotě 20°C a relativní vlhkosti 65 %. Referenční textilií byla zvolena 100% bavlněná tkanina o tloušťce 0.82 mm a o plošné hmotnosti 316 g·m⁻². Po každých třech měřeních následovalo měření tzv. suchého tepelného odporu 4 vrstev referenční textilie. [23]

Pro vlhčení vzorku byly využity jak různé prací cykly v domácí pračce, tak průmyslové zařízení Elektrolux Wascator. Rozdíly mezi zavlhčeními nebyly významné. Přírůstek vlhkosti byl okolo 77 %. [23]

Autorka popisuje dvě metody měření, První z nich je tzv. Sušící linie, kdy je vzorek umístěn na váhy METTLER TOLEDO AT 400 opatřené krytem, aby bylo zabráněno proudění. Váha vzorku byla zaznamenávána v pětiminutových intervalech. Rozměry vzorku byly stanoveny na 100 x 100 mm. Dohromady bylo testováno 5 vzorků od každého druhu materiálu. Vyhodnocovalo se dvěma způsoby. Při prvním

se vycházelo z rozdílu mezi hmotnostmi suchého klimatizovaného vzorku a vzorku sušeného. U druhého se se porovnával rozdíl mezi hmotností aktuální a sušeného vzorku a hmotností předchozí. U prvního způsobu se čas zaznamenával při dosažení rozdílů hmotností: 2 %, 1 %, 0,5 % a u druhého to byly rozdíly hmotností: 0,5 %, 0,2 % a 0,1 %. [23]

Dosažené hodnoty byly vepsány do tabulky. Autorka uvádí, že je velice důležité zvolení koncového bodu pro dobu sušení. Také doporučuje, aby se koncový čas sušení vztahoval k rozdílu mezi hmotností suchého klimatizovaného vzorku a vzorku sušeného, dle doporučení by neměl být rozdíl větší než 2 %. [23]

Druhé simulační sušení, je způsob sušení na pokožce. Vzorek je umístěn lící stranou nahoru v pravém úhlu k proudění vzduchu v celé ploše na vyhřívanou desku zařízení, která se používá pro určení tepelného odporu (norma ISO 11092). Koncový bod byl stanoven na dobu, kdy vyhřívaná deska dosáhla rovnováhy, která nesměla kolísat více než ± 3 % během čtyř půl hodinových intervalů. [23]

Pro vyhodnocení obou metod doby sušení autorka zvolila základní statistiku a také t-test shody mezi oběma metodami. Ale díky rozdílným podmínkám měření a velikosti vzorků jsou obě metody navzájem neporovnatelné. I teplota sušení byla u obou teplot rozdílná. [23]

Lehčí typy tkaniny měly dobu sušení kratší u první metody, u tkanin těžších tomu bylo naopak. Autorka uvádí, že doba sušení pozitivně korelovala s tloušťkou tkaniny a i s hmotnostní vody zadržené v látce po smáčení. [23]

Dalším poznatkem v práci je testování více vrstev kombinací stejných nebo rozdílných textilií na sobě. Některé typy tkaniny mají nárůst doby sušení lineární se zvyšujícím se množstvím vrstev, ale u kombinací různých vrstev tomu tak není. Bohužel autorka nevysvětluje, čím je to způsobeno. [23]

V poslední části autorka uvádí, že během nošení je sušení oděvu ovlivněno řadou dalších parametrů (například další oděvní vrstvy, které má člověk na sobě). I přesto tvrdí, že metoda s vyhřívanou deskou může vyhovovat jak pro možnosti sušení jednotlivých vrstev, tak i pro vícevrstvé textilie. Metody v práci prof. Laing jsou vhodné pro širokou škálu struktur oděvních textilií – tkanin, pletenin nebo netkaných textilií

a to jak pro jednovrstvé, tak pro vícevrstvé. Autorka doporučuje přijetí těchto metod pro klasifikaci tkanin dle doby sušení a dále také pro přijetí jeho definice konečné doby sušení. [23]

PRAKTICKÁ ČÁST

7. Testované materiály

Materiály pro experiment byly poskytnuty českou firmou Triola, která bude představena v následující podkapitole. Celkem firma poskytla 7 vzorků pletenin, které jsou využívány na výrobu plavek. Ve všech případech se jednalo o pleteniny s podobným materiálovým složením a o různé plošné hmotnosti.

7.1 Firma Triola

Triola je přední česká firma zabývající se výrobou dámského spodního prádla. V nabídce má široké kolekce klasických i mladistvých modelů, s kosticemi či bez kostic. V kolekcích se nachází řada modelů s vyztuženými košíčky. [24]

7.1.1 Historie firmy

Firma byla založena roku 1919, pyšní se tedy bohatou historií. Její specifikací bylo zprvu prádlo a korzety pro dámy a veškeré pánské i chlapecké prádlo. V 70. a 80. letech přestalo být doménou společnosti spodní prádlo, zájem spadá na konfekci a ložní prádlo. S příchodem privatizace v 90. letech se Triola vrací k šití dámského spodního prádla. Velké změny, časté střídání majitelů a nesprávně volené strategie jí málem přivedly až do konkurzu. Díky novému vedení v roce 2003 si Triola opět našla místo na trhu se spodním prádlem a v dalších letech získala ocenění důvěryhodná značka a honosí se i značkou kvality CzechMade. [24]

7.2 Testované vzorky

Pro testování bylo poskytnuto celkem 7 vzorků textilie. Jedná se o pleteniny využívané na výrobu plavek a jejich složení, původ a gramáž je uvedena v tabulce 2. Následují fotografie vzorků na obrázcích 17 až 23.

Tabulka 2: Složení testovaných vzorků

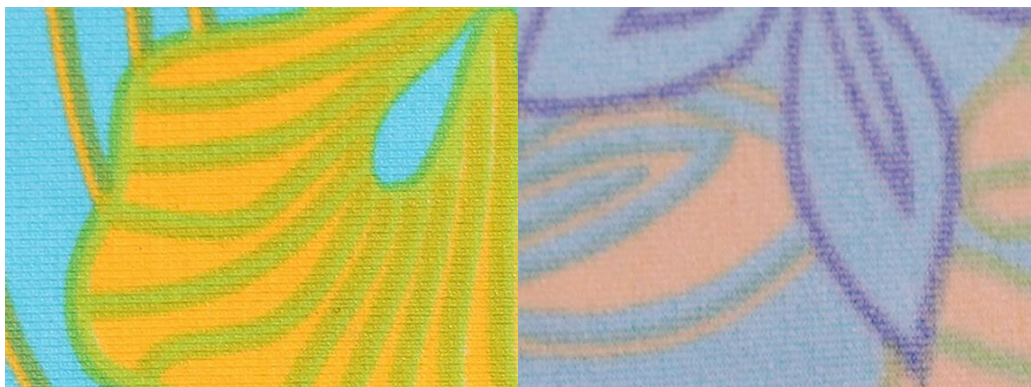
vzorek	složení vzorku	země původu	plošná hmotnost
VZ1	82% polyamid 18% elastan	Španělsko	$190 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \pm 5 \%$
VZ2	80% polyamid 20% elastan	Itálie	$190 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \pm 5 \%$
VZ3	80% polyamid 20% elastan	Španělsko	$185 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \pm 5 \%$
VZ4	90% polyamid 10% elastan	Itálie	$205 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \pm 5 \%$
VZ5	80% polyamid 20% elastan	Itálie	$170 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \pm 5 \%$
VZ6	100% polyamid	Itálie	$90 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \pm 5 \%$
VZ7	92% polyamid 8% elastan	Španělsko	$210 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \pm 5 \%$



Obrázek 17: Testovaný vzorek č. 1 z lícové a rubní strany



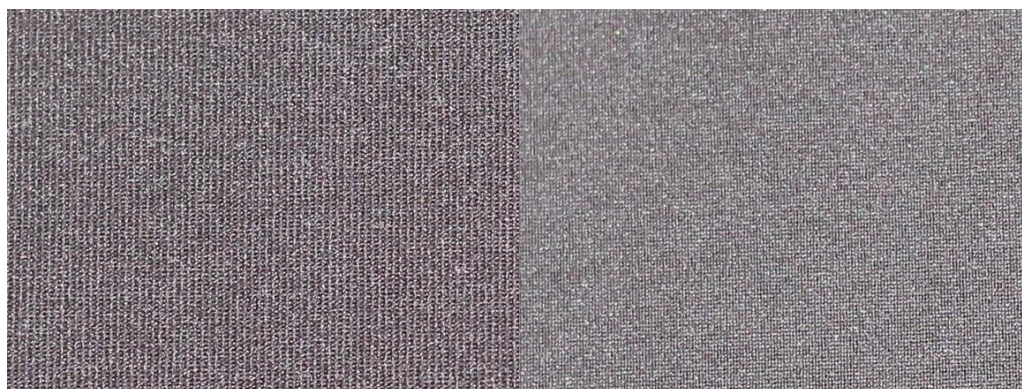
Obrázek 18: testovaný vzorek č. 2 z lícové a rubní strany



Obrázek 19: Testovaný vzorek č. 3 z lícové a rubní strany



Obrázek 20: Testovaný vzorek č. 4 z lícové a rubní strany



Obrázek 21: Testovaný vzorek č. 5 z lícové a rubní strany



Obrázek 22: Testovaný vzorek č. 6 z lícové a rubní strany



Obrázek 23: Testovaný vzorek č. 7 z lícové a rubní strany

8. Porovnání dostupných metodik pro testování rychlosti schnutí

Hlavní nedostatek jednotlivých norem spočívá především v nejednotnosti podmínek, za kterých měření probíhá. Dle amerických norem AATCC Test Method 199-2011 i japonských JIS L 1096: 1999 norem se teplota a vlhkost prostředí, při kterých měření probíhá, řídí dle oblasti užití daného výrobku. To se však netýká proudění vzduchu, které je pro výsledky měření klíčové.

Ani v jedné z dostupných norem není proudění vzduchu definováno, tudíž záleží především na umístění zkušebního aparátu. Vliv proudění vzduchu má na sušení podstatný vliv. Čím je proudění vzduchu okolo vzorku větší, tím rychleji odchází voda z pevné látky. Pokud je tedy zkušební aparát umístěn v uzavřené místnosti, je proudění vzduchu minimální, a proto bude sušení trvat podstatně delší dobu. Umístíme-li zkušební aparát do proudu vzduchu, bude tedy děj sušení probíhat rychleji.

Metodiky pro testování rychlosti schnutí byly již v práci zmíněny a pro porovnání jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Srovnání testovacích metodik

Metodika	Velikost měřeného vzorku	Doba navlhčení/způsob, teplota vody	Koncový bod
AATCA Test Method 199-2011	Kruhový vzorek o průměru 70 ± 1 mm	Namočení po dobu 1 min v kádince, teplota vody není daná	Hmotnost textilie o 4% vyšší než byla v suchém stavu
Drying Speed – Metoda A	40 x 40 cm	Doba není daná, teplota vody 20 ± 2 °C	Ve chvíli, kdy se hmotnost nemění
Drying Speed – Metoda B		3 a více hodin, teplota vody 20 ± 2 °C	Není blíže specifikovaný

9. Návrh experimentu

Návrh experimentu měření rychlosti schnutí pletenin pro firmu Triola byl založen především na praktickém využití pro firmu. Firma doposud zkoušela pro zhodnocení rychlosti pouze testy založené na vyprání vzorku a následném sušení. Vzorek byl sušen v zavřené místnosti, kde byl zavěšený na sušící aparát. V místnosti byly nestandardní klimatické podmínky, které jsou neopakovatelné a tudíž pro sledování doby sušení nevhodné.

Proto jsme zvolily formu experimentu pomocí ustáleného proudění vzduchu za standardních klimatických podmínek. Při ustáleném proudění vzduchu již lze porovnat dobu schnutí vzorku. Pro testování jsme zvolily principy založené na sledování úbytku váhy vzorku textilie. Každý vzorek o rozměru 9 x 9 cm byl před samotným testováním zvážen pro zjištění jeho hmotnosti bez následného zavlhčení. Vzorek byl 24 hodin před uskutečněním měření namočen do nádoby s vodou. V den měření byl poté vysušen na požadovanou hmotnost, kdy byla jeho původní zjištěná váha navýšena o 1g. Následovalo samotné sušení, které probíhalo pomocí příslušných přístrojů.

Testy byly zaměřené především na zjištění vlivu rychlosti proudění okolního vzduchu na schnutí textilie, protože u dostupných metodik není tento parametr přesně stanoven nebo není konstantní.

9.1 Měření s prouděním vzduchu $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Měření probíhalo za ustáleného proudění, kterého bylo docíleno pomocí části přístroje Permetestu. Měřený vzorek byl vysušen na požadovanou vlhkost, která značila, že se ve vzorku nachází 1g vlhkosti. Váha suchého vzorku byla tedy navýšena zavlhčením, které proběhlo 24 hodin před testováním, o 1g. Ten byl položen na váhu, na které byl umístěn improvizovaný držák tak, aby byl vzorek v ustáleném proudě vzduchu. Následně se zapnulo proudění o rychlosti $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a začalo sušení. Po dobu sušení vzorku byla sledována a zapisována jeho váha, dokud nedosáhla původní váhy bez obsahu zavlhčení. Váha se sledovala každé dvě minuty, přičemž byl vzorek vyjmut z tunelu, který sloužil pro proudění vzduchu, byl dán na připravené váhy a zvážen. Tento postup se opakoval v průběhu celého měření.

9.2 Druhé měření s prouděním vzduchu $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Druhé měření probíhalo totožně jako měření první, akorát rychlost ustáleného proudění se snížila na $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Ustáleného proudění bylo docíleno opět částí přístroje Permetestu. Vzorek byl vysušen na požadovanou hmotnost s jedním gramem vlhkosti. Poté byl umístěn na již popsany improvizovaný stojánek, bylo zapnuto proudění vzduchu a začalo sušení. V průběhu testování byla zaznamenávána váha, dokud nedosáhla původní naměřené váhy. Váha byla zaznamenávána každé dvě minuty po vyjmutí z tunelu Permetestu. Postup se opakoval do konce experimentu.

9.3 Třetí měření s téměř nulovým prouděním vzduchu

Toto třetí měření se uskutečnilo s téměř nulovým prouděním okolního vzduchu. Vzorek byl stejně jako v předešlých testech vysušen na hmotnost s jedním gramem vlhkosti a poté byl umístěn na váhy. Na váhách se nacházel improvizovaný stojánek na umístění textilie. Součástí vah byl také kryt vážní komory, který znemožnil proudění okolního vzduchu. Po dobu testování byla opět sledována váha vzorku, dokud nedosáhla původní zjištěné váhy. Úbytek váhy byl v tomto případě sledován každých pět minut. Tento postup následoval celé měření až do jeho konce.

9.4 Podmínky měření

Aby bylo měření opakovatelné a prokazatelné, muselo probíhat v laboratoři za ustálených klimatických podmínek. Měření se tedy konalo v laboratoři za daných klimatických podmínek. Tyto podmínky byly následující: teplota v laboratoři $20 - 22^\circ\text{C}$ a vlhkost vzduchu se pohybovala okolo 40 %.

9.5 Použité přístroje

Pro účely našeho experimentu byly vybrány tyto přístroje: Permetest a analytické váhy AS Radwag.

9.5.1 Permetest

Přístroj měřící tepelný odpor, výparný odpor a relativní paropropustnost (obrázek 24). Je to skin model, na kterém se dá měřit za jakýchkoli klimatických podmínek, protože se měření provádí pod hlavicí, kde jsou ustálené podmínky. [25]

Využívá se na měření tepelného toku procházejícího povrchem tepelného modelu lidské pokožky. Je zde simulace funkce ochlazování pocením, pomocí zvlhčování povrchu modelu. Povrch modelu je porézní. Na tento povrch je přes separační folii položen testovaný vzorek textilie. Vnější strana tohoto vzorku je ofukována. [25][16]



Obrázek 24: Improvizovaný přístroj pro experiment

9.5.2 Analytické váhy AS RADWAG

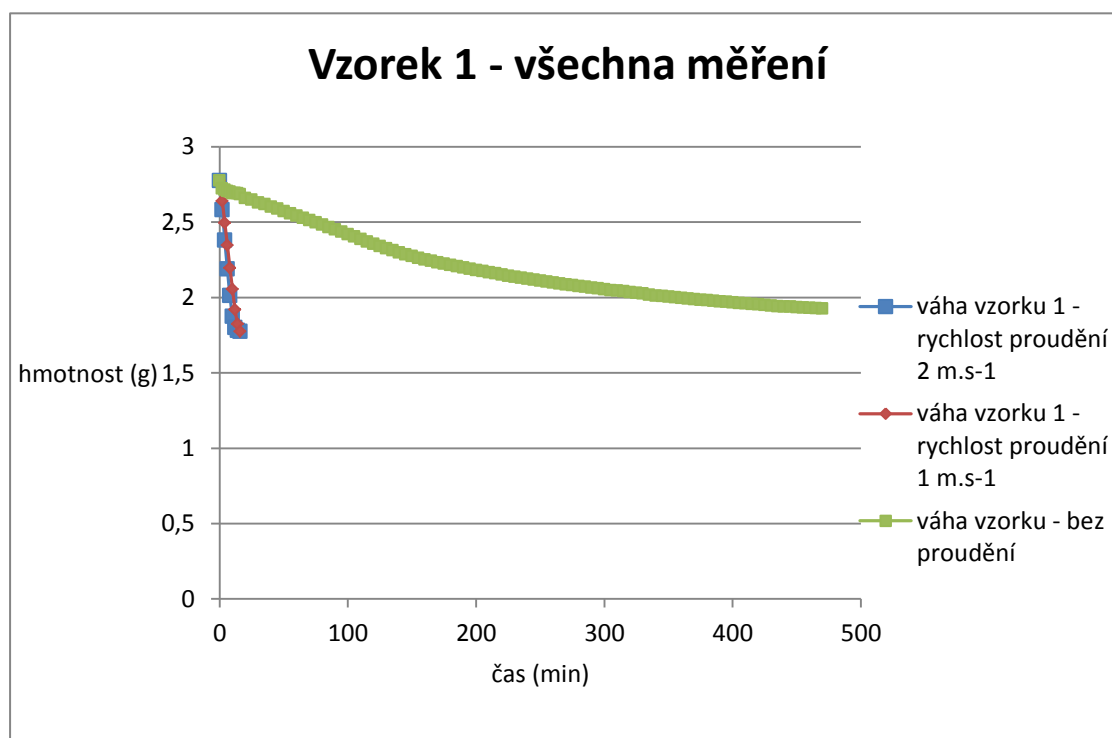
Váhy série AS jsou reprezentantem standardní úrovně analytických vah, které jsou zobrazeny na obrázku 25. Jsou vybaveny podsvíceným LCD displejem. Automatická vnitřní kalibrace, závislá na čase a teplotních změnách, zajišťuje přesnost vážení. Součástí vah je kryt vážní komory. Přístup do vnitřku krytu je pomocí dvířek, které se nacházejí na dvou stranách krytu a v horní části krytu. [26]



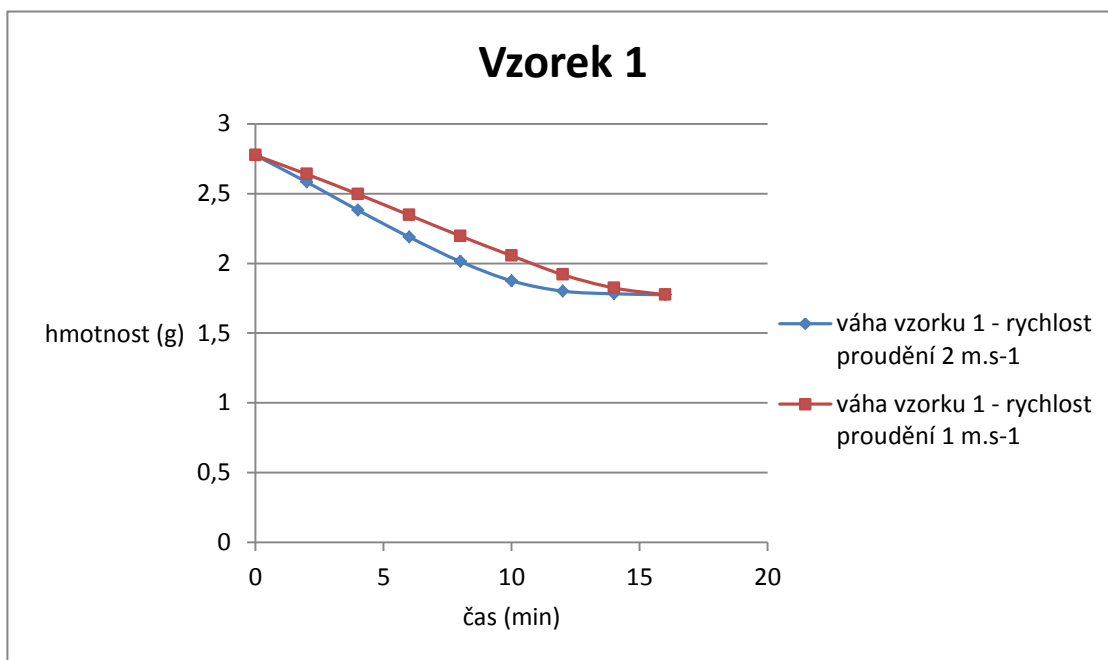
Obrázek 25: Váha AS RADWAG [25]

10. Vyhodnocení experimentu

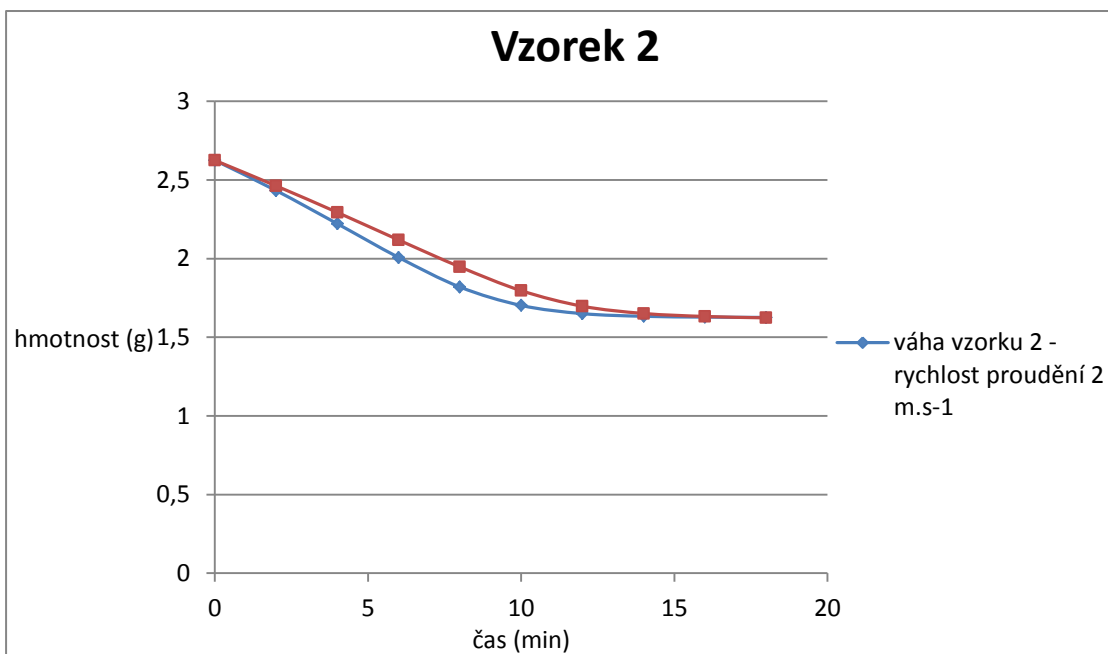
Z následujících grafů (obrázky 26 - 36), vycházejících z měření je patrné, že rychlost proudění vzduchu okolo vzorku má na sušení vliv. Pokud se vzorek suší bez proudění, trvá jeho vysušení na počáteční hmotnost mnohonásobně delší dobu, než když použijeme proudění o rychlosti $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ nebo $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V rychlostech proudění $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ nejsou už tak znatelné rozdíly. Čas sušení při těchto dvou rychlostech se ve všech případech vešel do 20 minut.



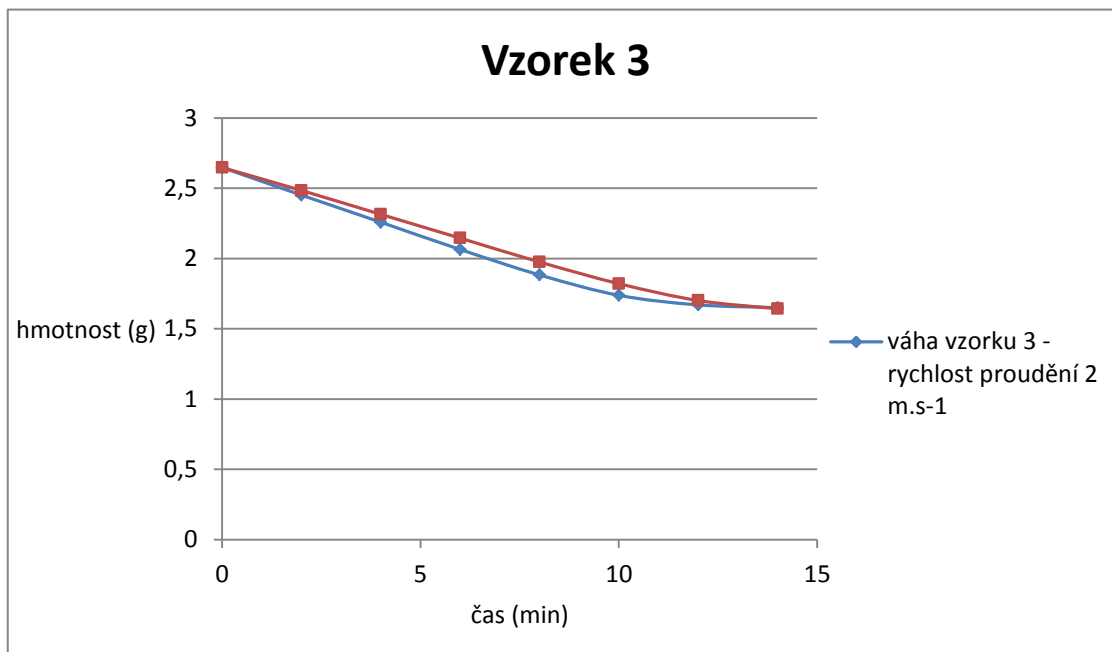
Obrázek 26: Graf výsledků měření vzorku 1



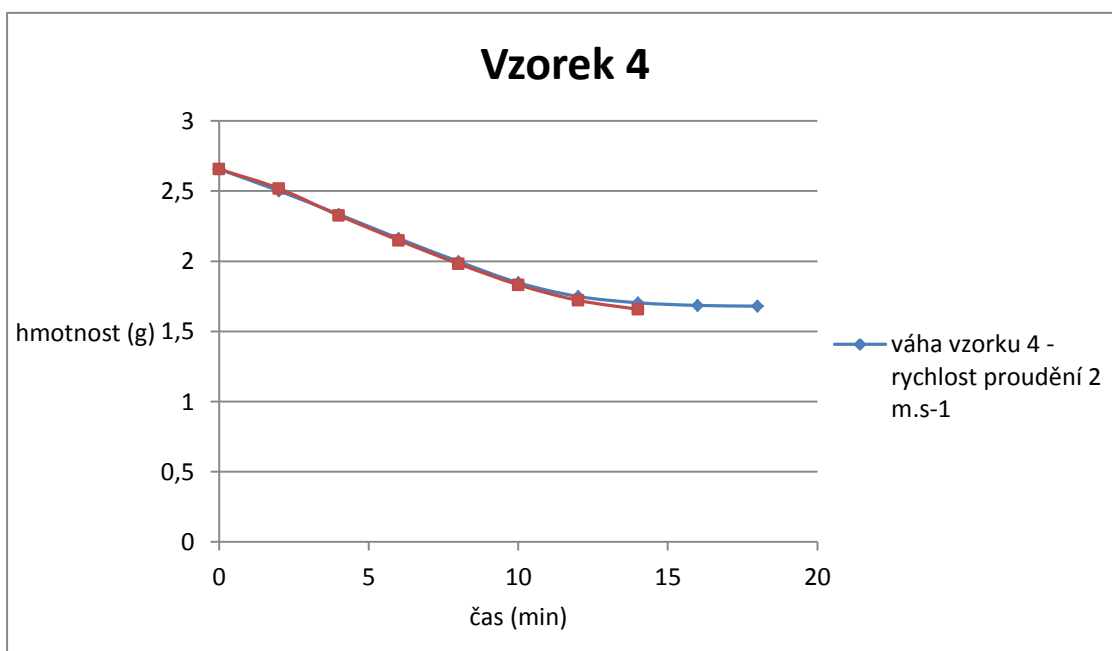
Obrázek 27: Graf výsledků měření vzorku 1



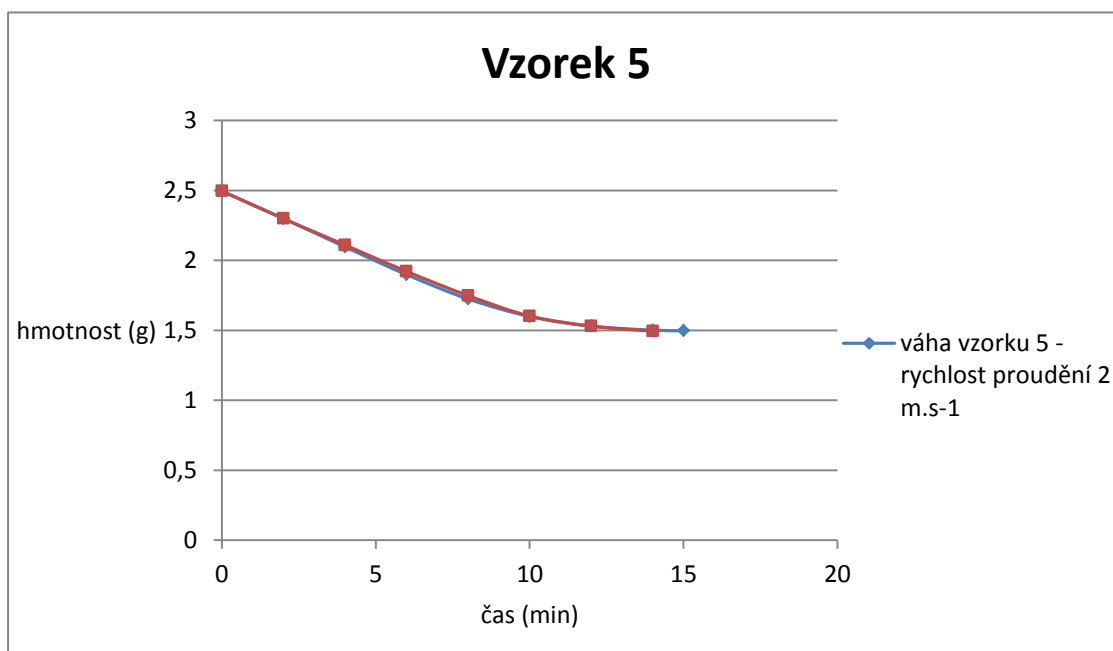
Obrázek 28: Graf výsledků měření vzorku 2



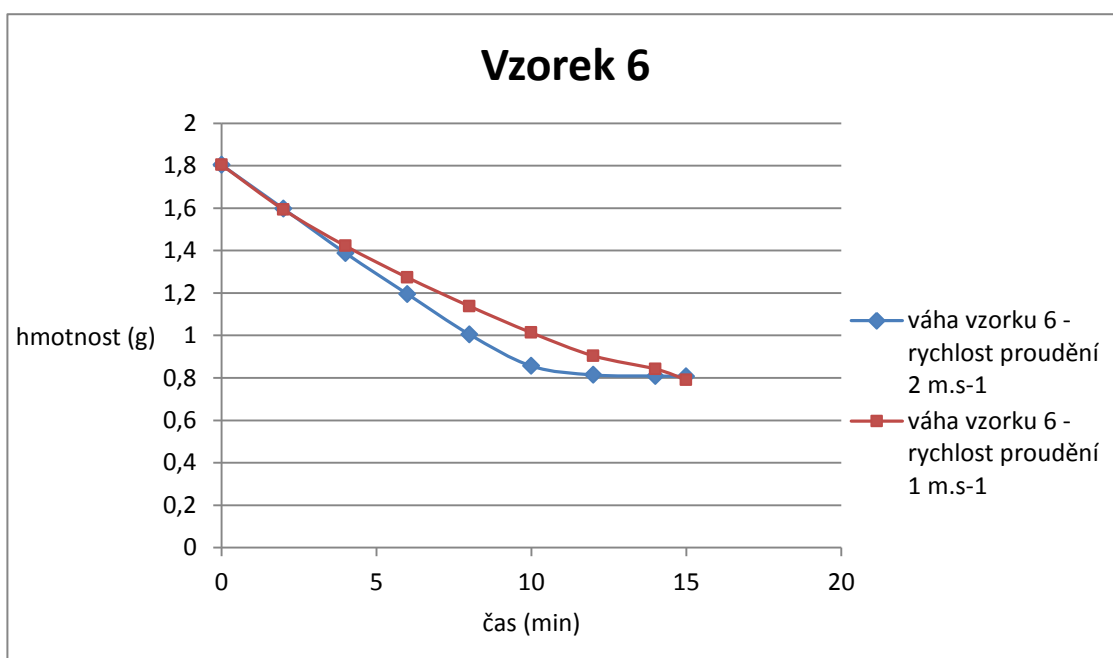
Obrázek 29: Graf výsledků měření vzorku 3



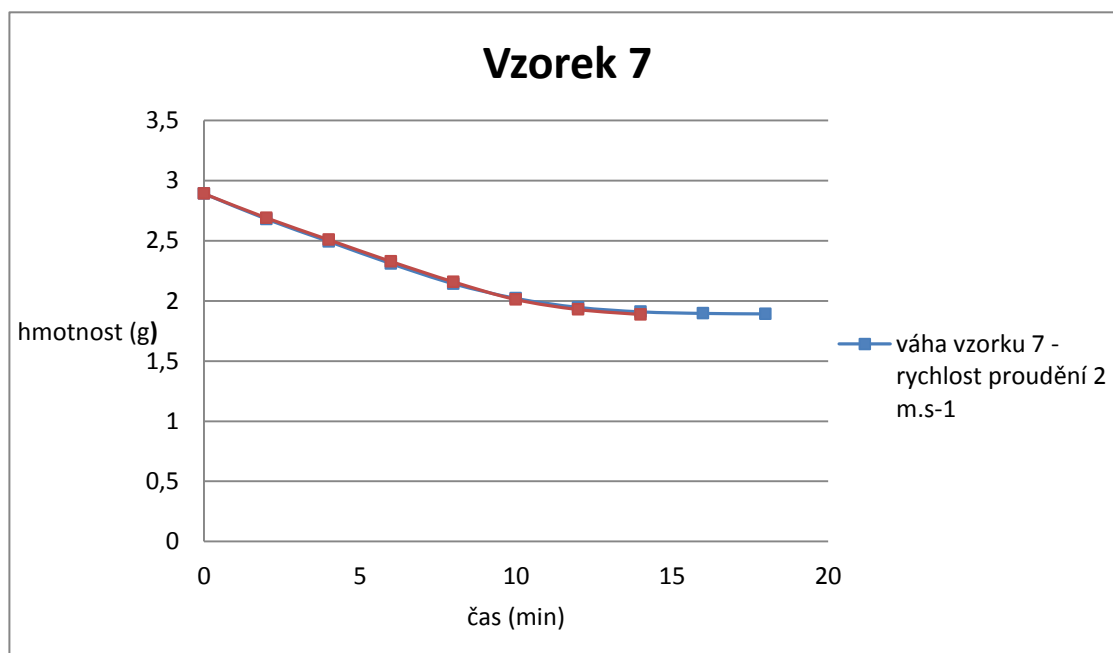
Obrázek 30: Graf výsledků měření vzorku 4



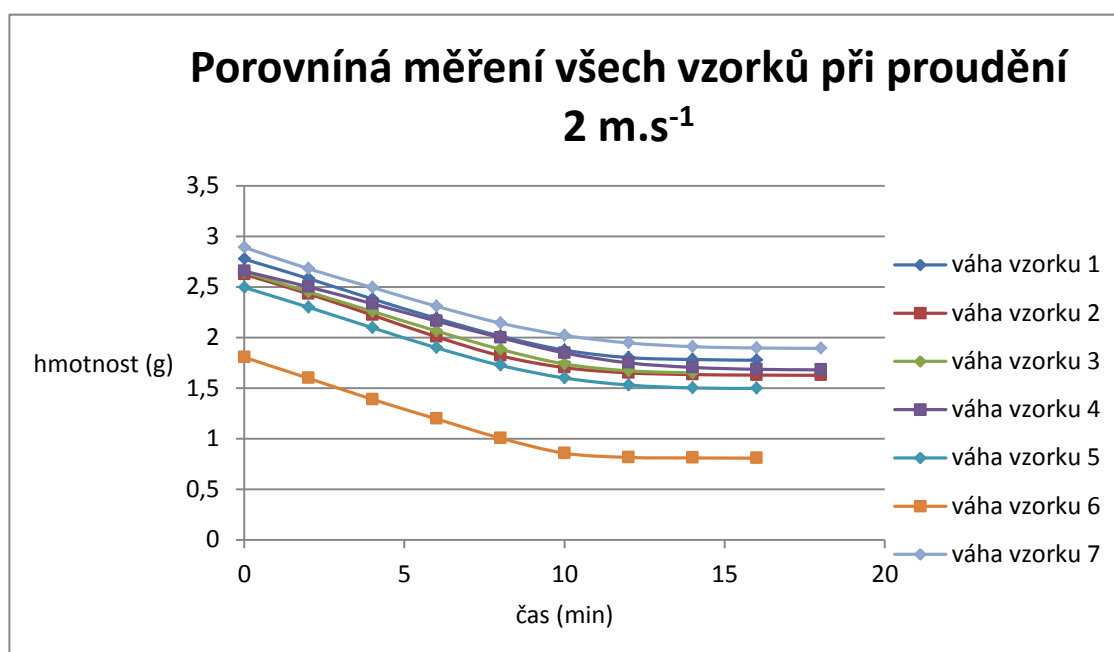
Obrázek 31: Graf výsledků měření vzorku 5



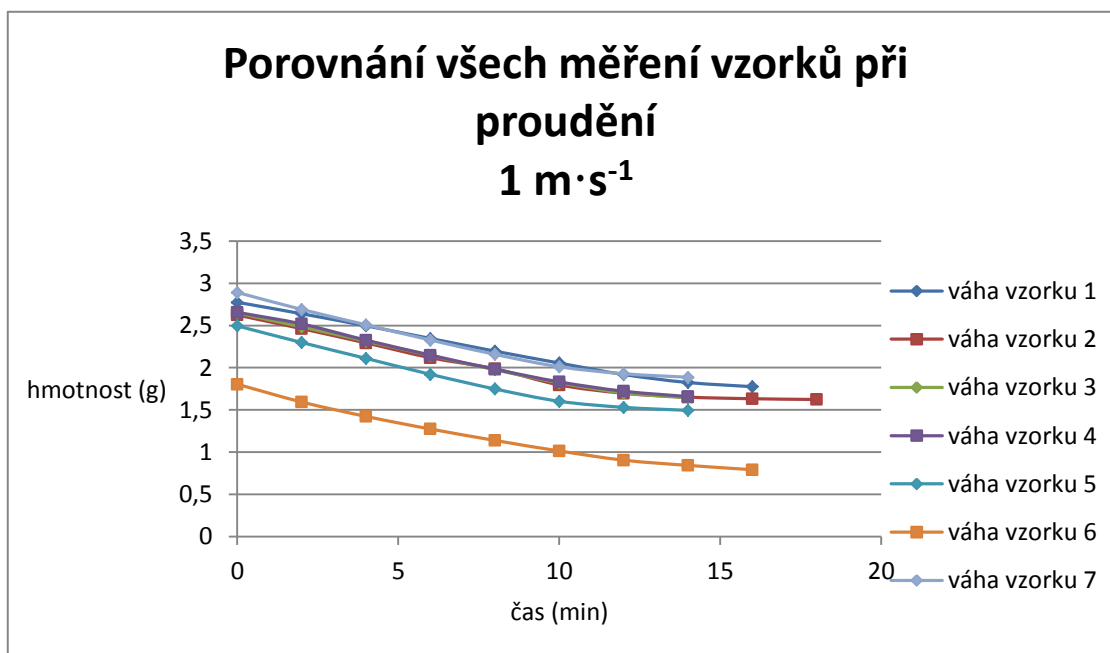
Obrázek 32: Graf výsledků měření vzorku 6



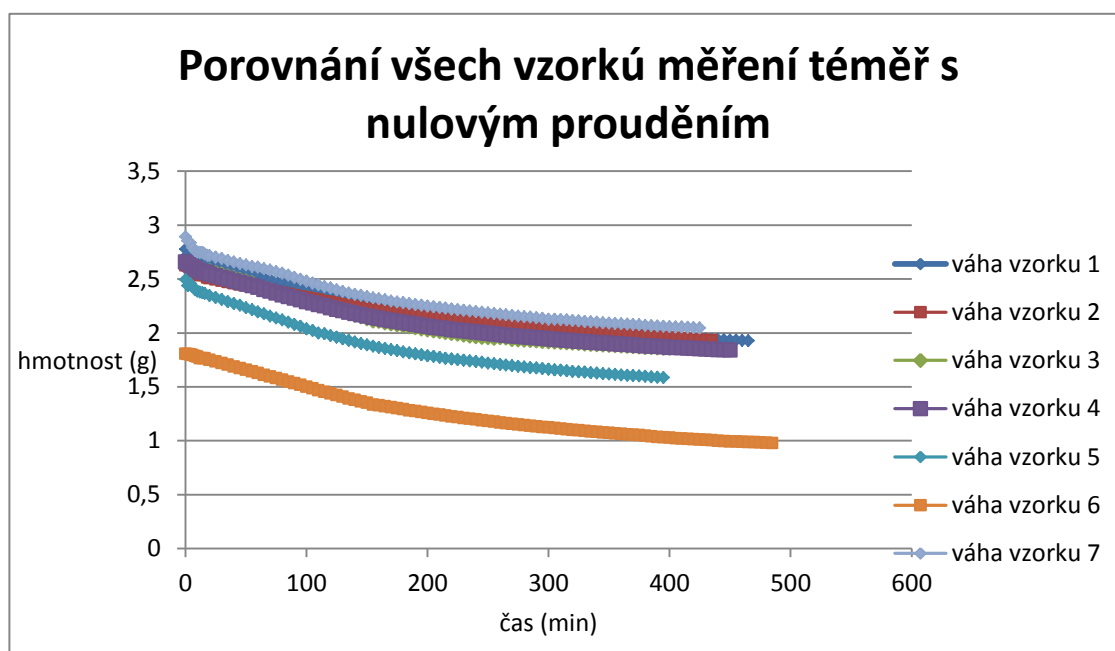
Obrázek 33: Graf výsledků měření vzorku 7



Obrázek 34: Graf s porovnáním všech měření vzorků při proudění 2 m.s⁻¹



Obrázek 35: Graf s porovnáním všech měření vzorků při proudění $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$



Obrázek 36: Graf s porovnáním všech měřených vzorků s téměř nulovým prouděním

Z grafů vyplývá, že čím je proudění vzduchu rychlejší, tím probíhá sušení kratší dobu. Z Grafu obrázku 26, kde jsou zanesena data ze všech tří měření u prvního testovaného vzorku, je dobře viditelný rozdíl celkové doby měření. Při prvním měření s proudění vzduchu $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ trval experiment 16 minut, u druhého měření s rychlostí proudění $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ byl čas totožný s prvním měření. Ve třetím experimentu s téměř nulovým prouděním se doba sušení mnohonásobně prodloužila na 470 minut, tedy téměř 8 hodin. U dalších vyhodnocení vzorků pomocí grafů bylo zjištění, že při téměř nulovém proudění trvá sušení vícenásobně delší dobu, potvrzeno.

11. Návrh způsobu testování pro firmu Triola

Pro firmu Triola a pro navrhované testování by bylo potřebné zakoupit přístroj Permetest. Přístroj je pro testování nedílnou součástí, protože zajišťuje požadované proudění vzduchu. Permetest by mohla firma využít nejen pro navržené měření rychlosti schnutí, ale také pro měření paropropustnosti, které by jistě využila. Investice do toho zařízení by tedy nebyla pouze pro jedno testování, a proto by se firmě pořízení Permetestu vyplatilo.

Samozřejmostí pro řádné testování by bylo zřízení laboratoře, ve které by měření probíhalo. V laboratoři se musí dát regulovat klimatické podmínky, teplota a vlhkost, aby bylo měření věrohodné.

Závěr

Cílem práce bylo navrhnout vhodný způsob testování rychlosti schnutí textilií pro firmu Triola, která také pro tuto práci poskytla vzorky pletenin pro experimentální část.

Teoretická část práce se zabývá popisem syntetických vláken a jejich vlastností. Je zde popsán termofyziologický komfort, přenosové jevy, teorie sušení a v neposlední řadě dostupné metodiky pro hodnocení rychlosti schnutí. V praktické části bylo provedeno měření na zavlhčeném vzorku, 24 hodin před uskutečněním měření, o rozměru 9 x 9 cm. Celkem proběhly tři experimenty s různým prouděním vzduchu. V prvním experimentu bylo proudění vzduchu $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, u druhého experimentu bylo proudění stanoveno na $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a v posledním testu byl vzorek uzavřen ve vážní komoře a tak bylo proudění minimalizováno na téměř nulové. U všech provedených měření byly ustáleny klimatické podmínky v laboratoři. Teplota byla $20 - 22^\circ\text{C}$ a vlhkost vzduchu se pohybovala okolo 40 %. Výsledky z naměřených dat, které byly získány při testování, byly použity pro zhodnocení jednotlivých způsobů testování. Z těchto dat můžeme zjistit, že na vliv schnutí pletenin má podstatný vliv okolní proudění vzduchu. Rozdíl doby schnutí s prouděním a téměř bez proudění, byl velice znatelný. Doba schnutí se v uzavřené sušící komoře podstatně zvýšila.

Vliv proudění má tedy na sušení pletenin podstatný vliv. Čím má proudění vyšší rychlost, tím je odvod vlhkosti z textilie rychlejší. Z experimentu toto jasně vyplynulo, při rychlosti $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, mělo sušení rychlejší průběh, při měření s rychlostí proudění $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ se vlhkost ze vzorku dostávala pomaleji. Při třetím experimentu, kdy byl vzorek zavřen do komory u váhy, se vzorek vysušoval velice pomalým tempem. Což značí, že pokud v místnosti, kde je vzorek sušen, je téměř nulové proudění, trvá sušení mnohonásobně delší dobu.

Samozřejmostí je si při testování stanovit jednotné klimatické podmínky, což je velký problém u dosavadních metodik pro měření schnutí textilií. U našeho experimentu byla teplota v laboratoři $20-22^\circ$ a vlhkost vzduchu 40 %. Samozřejmě musí být stanovena rychlost proudění, která je neopomenutelným parametrem, avšak ve většině dostupných metodik bývá neprávem opomíjena. V našem případě jsme zvolili u prvního experimentu proudění $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, u druhého to byl $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a u posledního třetího experimentu bylo proudění odstraněno pomocí komory na váhách.

Z provedených měření jsme vyhodnotili naši zkoušenou metodu s definovanou teplotou, vlhkostí a prouděním jako vhodné testování pro firmu Triola. Firmě je doporučeno zakoupit přístroj Permetest, který využije nejen pro testování rychlosti schnutí pletenin, ale také pro měření paropropustnosti textilií. Pro navrhované testování by měla firma zřídit laboratoř, ve které se budou dát regulovat klimatické podmínky pro věrohodnost měření. Důležitým parametrem je rychlost proudění, které se musí během testování udržovat stále stejné.

Seznam zdrojů a použité literatury

- [1] SPORTINGTEX, Functional Textiles For Sporting Needs, [online]. [13. 4. 2014]. Dostupné z [www: <http://www.sportingtex.com/index.php?option=product&lang=en#19819>](http://www.sportingtex.com/index.php?option=product&lang=en#19819).
- [2] TAIWAN FUNCTIONAL TEXTILES, [online]. [13. 4. 2014]. Dostupné z [www: <http://tft.ttfapproved.org.tw/en/introduction/fts.asp?ftype=FTTS-FA-004>](http://tft.ttfapproved.org.tw/en/introduction/fts.asp?ftype=FTTS-FA-004).
- [3] MILITKÝ, Jiří, *Textilní vlákna*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002, 238 s. ISBN 80-7083-644-X
- [4] ŠKOLA TEXTILU [online]. [22. 4. 2014]. Dostupné z [www: <http://www.skolatextilu.cz/>](http://www.skolatextilu.cz/).
- [5] OCHERETNA, Larysa, *Textilní zboží ze syntetických vláken*, přednáška č. 6. [13. 4. 2014].
- [6] TESTOVACÍ SERVER, moodle [online]. [22. 4. 2014]. Dostupné z [www: <http://turbo.cdv.tul.cz/>](http://turbo.cdv.tul.cz/).
- [7] NEJLEPVNĚŠÍ SYNTETICKÉ VLÁKNO, [online]. [22. 4. 2014]. Dostupné z [www: <http://www.dsm.com/en_US/html/hpf/home_dyneema.htm>](http://www.dsm.com/en_US/html/hpf/home_dyneema.htm).
- [8] GINA, [online]. [1. 4. 2014]. Dostupné z [www: <http://www.gina.cz/Informace-o-zbozi/Materialy.aspx>](http://www.gina.cz/Informace-o-zbozi/Materialy.aspx).
- [9] HI-TECH CZECH REPUBLIC, [online]. [28. 3. 2014]. Dostupné z [www: <http://www.hi-tec.com/cz/>](http://www.hi-tec.com/cz/).
- [10] APLPINE PRO,[online].[8. 11. 2014]. Dostupné z [www: <http://www.alpinepro.cz/cool-dry/t-255/>](http://www.alpinepro.cz/cool-dry/t-255/).
- [11] COOLDRY. [online].[8. 11. 2014]. Dostupné z [www: <http://web2.chinanetsun.com/tex/fujian/haitian/haitian_en/cooldry.html>](http://web2.chinanetsun.com/tex/fujian/haitian/haitian_en/cooldry.html).
- [12] COOLPLUS, [online]. [1. 4. 2014]. Dostupné z [www: <http://www.coolplus.de/>](http://www.coolplus.de/).

- [13] ROCK POINT, [online]. [1. 4. 2014]. Dostupné z [www: <http://www.rockpoint.cz/html/prehled-materialu.html?w=487>](http://www.rockpoint.cz/html/prehled-materialu.html?w=487).
- [14] AEROTECHDESIGNS, [online]. [12. 12. 2014]. Dostupné z [www: <http://www.aerotechdesigns.com/swatch-cycling-tights.html>](http://www.aerotechdesigns.com/swatch-cycling-tights.html).
- [15] HIGH POINT, [online]. [28. 3. 2014]. Dostupné z [www: <http://www.highpoint.cz/materialy/thermocool.html>](http://www.highpoint.cz/materialy/thermocool.html).
- [16] HES, Luboš a SLUKA, Petr, *Úvod do komfortu textilií*. 1. vydání, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005, 109 s. ISBN 80-7083-926-0
- [17] ČSN EN 31092: *Textilie – Zjišťování termofyziologických vlastností – měření tepelného a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou)*.
- [18] HEMZAL, Karel, *Přenosové jevy v technice prostředí*, 2.vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. ISBN 80-01-02924-4
- [19] HOLEČEK, Oldřich. *Sušení* [online]. Praha: Ústav chemického inženýrství, 2011, [28. 3. 2014]. Dostupné z [www: <http://www.vscht.cz/uchi/ped/labchi/S.pdf>](http://www.vscht.cz/uchi/ped/labchi/S.pdf).
- [20] AATCC Test Method 199-2011. *Drying Time of Textiles: Moisture Analyzer Method*. USA: AATCC Committee RA63
- [21] JIS L 1096: 1999, *Testings methods for wowed fabrics: Drying speed*. Tokyo: Japanese Standards Association
- [22] Návod k použití, M290 MMT, Přístroj pro sledování a měření vlhkosti, MOISTURE MANAGEMENT TESTER
- [23] LAING, R. M., C. A. WILSON, S. E. GORGE, D. J. CARR a B. E. NIVEN. Determining the Drying, Time of Apparel fabrics. *Textile research Journal* [online]. [22. 12. 2014]. roč 77, č. 8, s 583-590 [cit 22. 12. 2014]. ISSN 0040-5157. DOI: 10.1177/0040517507078232. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0040517507078232>
- [24] TRIOLA A.S.[online]. [11. 3. 2014]. Dostupné z [www: <http://www.triola.cz/>](http://www.triola.cz/).

[25] Permetest, Návod k použití

[26] RADWAG VÁHY. [online]. [11. 3. 2014]. Dostupné z www: <<http://www.vahy-radwag.cz/>>.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Příčný a podélný řez polyamidového vlákna [5]

Obrázek 2: Příčný řez polyamidového vlákna [5]

Obrázek 3: Příčný a podélný řez polyesterovým vláknem [5]

Obrázek 4: Příčný řez polyesterovým vláknem [5]

Obrázek 5: Podélný řez polypropylenovým vláknem [5]

Obrázek 6: Příčný řez polypropylenovým vláknem [5]

Obrázek 7: Polyuretanové vlákno [5]

Obrázek 8: Podélný řez polyakrylonitrilovým vláknem [5]

Obrázek 9: Příčný řez polyakrylonitrilovým vláknem [5]

Obrázek 10: Průřez vlákna CoolMax [5]

Obrázek 11: Ukázka funkce vlákna CoolDry [11]

Obrázek 12: Ukázka funkce vlákna Micra [13]

Obrázek 13: Porovnání vlákna Supplex a Nylonu [14]

Obrázek 14: Ukázka funkce vlákna ThermoCool při vysoké aktivitě (vlevo) a při nízké aktivitě (vpravo) [15]

Obrázek 15: Ukázka funkce vlákna ThermoLite [8]

Obrázek 16: Graf jednotlivých fází sušení [19]

Obrázek 17: Testovaný vzorek č. 1 z lícové a rubní strany [vlastní zdroj]

Obrázek 18: Testovaný vzorek č. 2 z lícové a rubní strany [vlastní zdroj]

Obrázek 19: Testovaný vzorek č. 3 z lícové a rubní strany [vlastní zdroj]

Obrázek 20: Testovaný vzorek č. 4 z lícové a rubní strany [vlastní zdroj]

Obrázek 21: Testovaný vzorek č. 5 z lícové a rubní strany [vlastní zdroj]

Obrázek 22: Testovaný vzorek č. 6 z lícové a rubní strany [vlastní zdroj]

Obrázek 23: Testovaný vzorek č. 7 z lícové a rubní strany [vlastní zdroj]

Obrázek 24: Improvizovaný přístroj pro experiment [vlastní zdroj]

Obrázek 25: Váha AS RADWAG [25]

Obrázek 26: Graf výsledků měření vzorku 1 [vlastní zpracování]

Obrázek 27: Graf výsledků měření vzorku 1 [vlastní zpracování]

Obrázek 28: Graf výsledků měření vzorku 2 [vlastní zpracování]

Obrázek 29: Graf výsledků měření vzorku 3 [vlastní zpracování]

Obrázek 30: Graf výsledků měření vzorku 4 [vlastní zpracování]

Obrázek 31: Graf výsledků měření vzorku 5 [vlastní zpracování]

Obrázek 32: Graf výsledků měření vzorku 6 [vlastní zpracování]

Obrázek 33: Graf výsledků měření vzorku 7 [vlastní zpracování]

Obrázek 34: Graf s porovnáním všech měření vzorků při proudění $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [vlastní zpracování]

Obrázek 35: Graf s porovnáním všech měření vzorků při proudění $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [vlastní zpracování]

Obrázek 36: Graf s porovnáním všech měřených vzorků s téměř nulovým prouděním [vlastní zpracování]

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vlhkostní přírážky vláken [3]

Tabulka 2: Složení testovaných vzorků [vlastní zpracování]

Tabulka 3: Srovnání testovacích metodik [vlastní zpracování]